Chapitre 2

DANGERS DES LIQUIDES EN VRAC

Afin de comprendre les raisons qui ont conduit à l'adoption de certaines pratiques pour garantir la sécurité lors des opérations à bord de bateaux-citernes et dans les terminaux, l'ensemble du personnel doit être familiarisé avec les propriétés d'inflammabilité des produits, les effets de la densité des gaz et leurs propriétés toxiques. Ceux-ci sont décrits dans le présent chapitre.

Des questions spécifiques, y compris la manutention des cargaisons à haute pression de vapeur et les risques particuliers associés à la manipulation, au stockage et au transport de fiouls lourds sont également abordés.

Le présent chapitre décrit aussi les principes, les utilisations et les limites de l'équipement de détection de gaz et traite des questions relatives à l'évolution et à la dispersion de gaz.

2.1 Inflammabilité

La volatilité (par exemple la tendance d'un produit à générer du gaz) est caractérisée par la pression de vapeur. Quand un produit est transféré dans une citerne ou un conteneur exempt de gaz, il commence à se vaporiser, c'est-à-dire qu'il dégage un gaz dans l'espace qui le surplombe.

L'inflammabilité est un risque principal lors de la manutention de pétrole, ce qui implique un danger permanent.

Pour des informations détaillées relatives à l'inflammabilité, voir la section 1.2.

2.2 Densité

Les gaz provenant de liquides en vrac peuvent être plus lourds que l'air et, lors de la manutention, il convient de tenir compte du danger que représente cette propriété.

Des informations sur la densité de ces gaz figurent à la section 1.3.

2.3 Toxicité

2.3.1 Introduction

La toxicité est la mesure dans laquelle une substance ou un mélange de substances peut nuire à l'homme. "Toxique" a le même sens que "poison".

© CCNR/OCIMF 2010

Les substances toxiques peuvent nuire à l'homme de trois façons : en étant avalées (ingestion), par contact avec la peau (absorption), et par les poumons (inhalation). Les substances toxiques peuvent avoir des effets locaux, tels qu'une irritation de la peau ou des yeux, mais elles peuvent également affecter d'autres parties du corps plus éloignées (effets systémiques). L'objectif de la présente section est de décrire les effets indésirables associés aux substances toxiques auxquelles le personnel intervenant dans des opérations à bord de bateaux-citernes est le plus susceptible d'être exposé, d'indiquer les concentrations auxquelles les effets négatifs sont susceptibles de se produire chez l'homme en cas d'exposition unique ou répétée et de décrire les procédures pour réduire les risques d'une telle exposition. Bien qu'il ne s'agisse pas d'un aspect strictement lié à la toxicité, les effets du manque d'oxygène sont également décrits.

Les produits et les vapeurs de produits peuvent avoir des effets variés. Ils peuvent être cancérigènes (causer un cancer), repro-toxiques (affecter la fertilité), et peuvent occasionner des brûlures chimiques, de l'eczéma, de l'asthme, des dommages aux organes, etc. Ces effets sont décrits dans la Fiche de Données de Sécurité du Produit.

2.3.2 Liquides en vrac

2.3.2.1 Ingestion

La toxicité orale de produits chimiques est très variée et la Fiche de Données de Sécurité du Produit (FDSP) doit être consultée pour les informations spécifiques relatives au produit ainsi qu'aux mesures qui doivent être prises si une personne en a ingéré. La FDSP décrit également les Equipements de Protection Individuelle (EPI) nécessaires.

Le pétrole présente une faible toxicité orale, mais en cas d'ingestion il provoque une gêne aiguë et des nausées. Il est alors possible, en cas de vomissement, que du pétrole liquide soit aspiré dans les poumons, ce qui peut avoir des conséquences graves, en particulier avec des produits présentant une volatilité plus élevée, tels que les essences et le kérosène.

2.3.2.2 Absorption

Pour les produits chimiques l'effet de l'absorption peut varier considérablement. Les produits peuvent avoir des effets aigus (perte de conscience, étourdissements, brûlures chimiques, défaillance d'organes, décès) ou des effets chroniques (cancer, lésions organiques, effet reprotoxique).

La Fiche de Données de Sécurité du Produit doit être consultée pour les informations spécifiques relatives au produit et les mesures qui doivent être prises si le produit est entré en contact avec la peau d'une personne.

Beaucoup de produits pétroliers, en particulier les plus volatils, causent des irritations et dissolvent des films gras protecteurs, ce qui peut provoquer une dermatite en cas de contact avec la peau. Ils peuvent également causer une irritation des yeux. Certaines huiles plus lourdes peuvent occasionner de graves problèmes de peau en cas de contact répété et prolongé. Le contact direct avec le pétrole doit toujours être évité par le port de l'équipement de protection approprié, en particulier des gants imperméables et des lunettes.

La FDSP doit être consultée pour obtenir des renseignements sur les EPI appropriés devant être portés.

© CCNR/OCIMF 2010

2.3.3 Vapeurs de produits

2.3.3.1 Inhalation

Les effets de l'inhalation de gaz émanant d'un produit peuvent varier considérablement. Les gaz peuvent avoir des effets aigus (perte de conscience, étourdissement, brûlure chimique défaillance d'organes) ou chroniques (cancer, lésion organique, effet reprotoxique). Le risque d'œdème pulmonaire est particulièrement important. Du liquide dans les poumons peut occasionner un essoufflement grave, lequel peut souvent survenir plusieurs heures après l'inhalation.

La Fiche de Données de Sécurité du Produit doit être consultée pour les informations spécifiques et pour les mesures qui doivent être prises si une personne a inhalé des vapeurs de produit. La FDSP décrira également les EPI requis.

L'absence d'odeur ne doit jamais être interprétée comme indiquant une absence de gaz.

En général, le danger du produit augmente lorsque la pression de vapeur est élevée et que la Valeur Limite d'Exposition est faible.

Comparativement, de petites quantités de gaz émanant d'un produit, lorsqu'elles sont inhalées, peuvent provoquer des symptômes d'affectation du jugement et de vertiges semblables à une intoxication, avec des maux de tête et une irritation des yeux. L'inhalation d'une quantité excessive peut être mortelle. Cela dépend principalement du produit, pour lequel l'information doit être consultée dans la FDSP.

Ces symptômes peuvent se produire à des concentrations bien en dessous de la Limite inférieure d'Explosivité. Toutefois, les effets physiologiques des gaz de pétrole sont variés, de même que la tolérance humaine à ces effets. Il ne faut pas présumer que, parce que les conditions sont supportables, la concentration de gaz est dans les limites de sécurité.

L'odeur des mélanges de gaz émanant de produits est très variable et, dans certains cas, les gaz de produits peuvent altérer l'odorat. L'altération de l'odorat est particulièrement susceptible de se produire et particulièrement grave si le mélange contient du sulfure d'hydrogène.

2.3.3.2 Limites d'exposition

Les limites d'exposition sont toujours décrites dans la fiche FDSP.

Les limites d'exposition fixées par les organisations internationales, les administrations nationales ou par les normes réglementaires locales ne doivent pas être dépassées.

Les organismes de l'industrie et les compagnies pétrolières font souvent référence à *l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH), qui a établi des lignes directrices sur les limites qui sont censées protéger le personnel contre les vapeurs nocives dans l'environnement de travail. Les valeurs indiquées sont exprimées en valeurs limites d'exposition (VLE) *(Threshold Limit Value - TLV)* en parties par million (ppm) par volume de gaz dans l'air.

La meilleure pratique consiste à maintenir les concentrations de tous les contaminants atmosphériques aussi bas que raisonnablement possible (*As Low As Reasonably Possible* - ALARP).

Dans le texte ci-après sont utilisés les termes TLV-TWA (*Threshold Limit Value - Time Weighted Average*). Parce qu'il s'agit de moyennes, les TWA partent du principe d'expositions de courte durée au-dessus de la TLV-TWA, qui ne sont pas suffisamment élevées pour être nocives pour la santé et qui sont compensées par des expositions équivalentes en dessous de la TLV-TWA au cours d'une journée de travail conventionnelle de huit heures.

Pour éviter les dommages pour la santé, les pics d'exposition doivent être limités (voir FDSP ou similaire).

© CCNR/OCIMF 2010

2.3.3.3 Effets

Les effets de l'exposition à des vapeurs peuvent varier selon le type de produit et les informations doivent être obtenues en consultant la FDSP du produit.

2.3.4 Fiches de Données de Sécurité du Produit (FDSP) / fiches de sécurité (FDS)

Afin d'assister les équipages dans leur préparation pour des cargaisons toxiques, l'OMI a invité les gouvernements à veiller à ce que des Fiches de Données de Sécurité du Produit (FDSP) soient distribuées aux bateaux et conservées à bord pour les cargaisons correspondantes. La FDSP doit indiquer le type et la concentration probable de composants dangereux ou toxiques de la cargaison à charger, en particulier le H_2S et le benzène. Dans la réglementation de la CEE-ONU et celle de l'UE, ces documents sont appelés Fiches De Sécurité (FDS). La FDSP ou la FDS doit être basée sur le format standard requis par la réglementation applicable.

Le fournisseur doit mettre à disposition la FDSP correspondante au bateau-citerne avant de commencer à charger les produits. Le bateau-citerne doit fournir au destinataire une FDSP pour la cargaison à décharger. Le bateau-citerne doit également informer le terminal et tout contrôleur ou surveillant si la cargaison précédente contenait des substances toxiques.

La fourniture d'une FDSP ne garantit pas que tous les composants dangereux ou toxiques de la cargaison concernée ou des avitaillements en cours de chargement ont été identifiés ou documentés. L'absence d'une FDSP ne doit pas laisser conclure à l'absence de composants dangereux ou toxiques. Les exploitants doivent avoir mis en place des procédures pour déterminer si des composants toxiques sont présents dans les cargaisons dont ils pensent qu'elles sont susceptibles d'en contenir.

La réglementation de la CEE-ONU et de l'UE n'exige pas que les bateaux-citernes possèdent à leur bord des FDS(P). A la place, des "instructions écrites" doivent être fournies aux bateaux-citernes. Toutefois, comme ces instructions contiennent des informations moins nombreuses et plus générales, il est fortement recommandé que les FDS(P) soient disponibles pour tous les produits transportés à bord, car elles seront utiles en cas de situations d'urgence liées à la cargaison.

2.3.5 Benzène, autres produits CMR et autres hydrocarbures aromatiques

2.3.5.1 Hydrocarbures aromatiques

Les hydrocarbures aromatiques incluent le benzène, le toluène et le xylène. Ces substances sont des composants, en quantités variables, de nombreuses cargaisons de pétrole telles des essences, composants de mélanges d'essence, reformats, naphte, solvants à point d'ébullition spécial, essence de térébenthine, white spirit et pétrole brut.

Le fournisseur doit informer le bateau-citerne de la teneur en hydrocarbures aromatiques de la cargaison à charger (voir section 2.3.4 ci-dessus).

2.3.5.2 Benzène et autres produits CMR

L'exposition à des concentrations de vapeurs de benzène de seulement quelques parties par million dans l'air peut affecter la moelle osseuse et peut causer une anémie et une leucémie.

Le benzène présente surtout un danger par inhalation. Ses caractéristiques d'alerte sont faibles car son seuil olfactif est bien supérieur à la TLV-TWA.

© CCNR/OCIMF 2010

Limites d'exposition

L'OMI fixe la TLV-TWA pour le benzène à 1 ppm sur une période de huit heures. Toutefois, les procédures de travail doivent viser à assurer les concentrations de gaz les plus basses possibles sur les lieux de travail.

Équipement de protection individuelle (EPI)

Les personnels doivent être tenus de porter des équipements de protection respiratoire dans les circonstances suivantes :

- Chaque fois qu'ils risquent d'être exposés à des vapeurs de benzène au-delà de la TLV-TWA.
- Lorsque les TLV-TWA spécifiées par les autorités nationales ou internationales sont susceptibles d'être dépassées.
- Lorsqu'aucun contrôle ne peut être effectué.

Entrée dans une citerne

Avant l'entrée dans une citerne qui a récemment contenu des produits contenant du benzène et / ou d'autres produits CMR, la citerne doit être testée pour ces concentrations. Cette mesure s'ajoute aux exigences pour l'accès aux espaces confinés détaillées au chapitre 10.

2.3.6 Sulfure d'hydrogène (H_2S)

Le sulfure d'hydrogène (H_2S) est un gaz très toxique, corrosif et inflammable. Il présente un seuil olfactif très bas et une odeur caractéristique d'œufs pourris. Le H_2S est incolore, il est plus lourd que l'air, a une densité relative de vapeur de 1,189 et il est soluble dans l'eau.

2.3.6.1 Sources de sulfure d'hydrogène (H2S)

Beaucoup de pétroles bruts sont extraits avec des niveaux élevés de H_2S, mais un processus de stabilisation réduit généralement ce niveau avant que le pétrole brut ne soit livré au bateau-citerne. Toutefois, le niveau de stabilisation peut être temporairement réduit et un bateau-citerne est susceptible de recevoir une cargaison ayant une teneur en H_2S supérieure à la normale ou supérieure à celle prévue. En outre, certains pétroles bruts ne sont jamais stabilisés et contiennent toujours des niveaux élevés de H_2S.

Le H_2S peut également être rencontré dans les produits raffinés tels que le naphte, le fioul, les combustibles de soute, les bitumes et les gazoles.

La cargaison et les combustibles de soute (en tant que cargaison) ne doivent être considérés comme étant exempts de H_2S qu'après avoir été chargés et qu'après que l'absence de H_2S ait été confirmée par les résultats de la surveillance et des informations pertinentes de la FDSP.

© CCNR/OCIMF 2010

2.3.6.2 Concentrations prévues

Il est important de faire une distinction entre les concentrations de H_2S dans l'atmosphère, exprimées en ppm en volume, et les concentrations dans le liquide, exprimée en ppm en poids.

Il n'est pas possible de prédire la concentration probable de vapeur pouvant être produite par une concentration donnée de liquide, mais, à titre d'exemple, il a été démontré qu'un pétrole brut contenant 70 ppm (en poids) de H_2S, produit une concentration de 7000 ppm (en volume) dans le flux de gaz qui s'échappe de l'évent de la citerne.

Durant le transport, la concentration de vapeurs de H_2S peut augmenter de manière significative et doit par conséquent être surveillée.

Une attention particulière doit être accordée à la possibilité de cargaisons précédentes ayant contenu du H_2S, en raison de la possible émission de vapeurs contaminées durant le chargement, en particulier lorsque les cargaisons en cours de chargement sont chauffées.

Une attention particulière doit également être accordée à la marge d'erreur potentielle des analyseurs de H_2S, laquelle peut être de l'ordre de 0 - 3 ppm en poids.

Des précautions contre les concentrations élevées de H_2S sont normalement jugées nécessaires si la teneur en H_2S en phase vapeur est de 5 ppm en volume ou au-dessus. Toutefois, la réglementation (inter)nationale peut être plus restrictive que ce niveau.

Les effets de l'H_2S à diverses concentrations croissantes dans l'air sont présentés dans le tableau 2.1.

La concentration de H_2S dans la vapeur varie grandement et dépend de facteurs tels que :

- la teneur en H_2S liquide,
- l'intensité de la circulation de l'air,
- la température de l'air et du liquide,
- le niveau de liquide dans la citerne,
- l'intensité de l'agitation.

© CCNR/OCIMF 2010

2.3.6.3 Limites d'exposition

Dans de nombreux pays, la TLV-TWA pour le H_2S est de 5 ppm sur une période de huit heures. Toutefois, la législation (inter) nationale peut être plus restrictive. Les procédures de travail doivent viser à assurer les concentrations de gaz les plus basses possibles sur les lieux de travail.

2.3.6.4 Procédures de manutention de cargaisons et d'hydrocarbures de soute contenant du H_2S

Les précautions suivantes doivent être prises lors de la manutention de toutes les cargaisons et de tous les combustibles de soute susceptibles de contenir des concentrations dangereuses de H_2S. Ces précautions doivent également être prises lors du ballastage, du nettoyage ou du dégazage des citernes qui ont contenu auparavant une cargaison présentant une teneur en H_2S. Des informations concrètes et des mesures opérationnelles pouvant être prises pour minimiser les risques associés au chargement de cargaisons présentant une teneur en H_2S sont présentées à la section 11.1.9.

Concentration en H_2S (ppm en volume dans l'air)	Effets physiologiques
0.1 - 0.5 ppm	D'abord détectable par l'odeur.
10 ppm	Peut causer des nausées légères et une faible irritation des yeux.
25 ppm	Irritation des yeux et des voies respiratoires. Forte odeur.
50 - 100 ppm	Le sens de l'odorat commence à diminuer. Une exposition prolongée à des concentrations de 100 ppm provoque une hausse progressive de la sévérité de ces symptômes et la mort peut survenir après une exposition de 4 à 48 heures
150 ppm	Perte du sens de l'odorat en 2 à 5 minutes.
350 ppm	Possibilité de décès après une inhalation de 30 minutes.
700 ppm	Provoque rapidement une perte de conscience (en quelques minutes) et le décès. Cause des convulsions et une perte de contrôle de l'intestin et de la vessie. La respiration s'arrête et entraîne la mort en l'absence d'une intervention rapide des secours.
700+ ppm	Immédiatement mortelle.
Note : Les personnes surexposées à de la vapeur de H_2S doivent être déplacées à l'air libre dans les meilleurs délais. Les effets négatifs du H_2S peuvent être inversés et la probabilité de pouvoir sauver la vie d'une personne est augmentée si l'intervention est rapide.	

Tableau 2.1 - Effets typiques de l'exposition au sulfure d'hydrogène (H_2S)

© CCNR/OCIMF 2010

Surveillance de la vapeur

Les niveaux d'exposition dans tous les lieux de travail doivent être surveillés à l'aide d'instruments appropriés pour détecter et mesurer la concentration du gaz.

Des concentrations élevées et la nature corrosive du gaz peuvent avoir un effet néfaste sur de nombreux instruments électroniques. De faibles concentrations de H_2S sur la durée peuvent également avoir un effet néfaste sur les instruments électroniques. Des tubes de détection doivent par conséquent être utilisés s'il s'avère nécessaire de surveiller une concentration élevée connue.

L'utilisation d'instruments individuels de surveillance du gaz H_2S par le personnel engagé dans les opérations concernant la cargaison est fortement recommandée. Ces instruments peuvent comporter soit une alarme d'avertissement à un niveau préétabli ou une lecture de la concentration en H_2S assortie d'une alarme. Il est en outre recommandé que les alarmes soient réglées sur la valeur correspondant au maximum de la TLV-TWA. Le personnel doit toujours porter les instruments individuels de surveillance lorsqu'il travaille dans des espaces confinés, effectue le jaugeage, prend des échantillons, entre dans une chambre des pompes, branche et débranche les conduites de chargement, nettoie des filtres, effectue une vidange pour ouvrir des espaces confinés et nettoie de la cargaison déversée, dès lors que les concentrations de H_2S sont susceptibles de dépasser la valeur TLV-TWA.

Des badges de contrôle passif fournissent une indication visuelle immédiate de l'instant où un risque chimique spécifique est détecté ou en cas de dépassement d'un niveau d'exposition sûr et préétabli à un produit chimique. Ils doivent exclusivement être utilisés à des fins d'hygiène industrielle, par exemple pour le contrôle de zones et pour la détermination de l'exposition du personnel sur une période donnée. Ils ne doivent jamais être utilisés en tant qu'élément de l'équipement de protection individuelle.

Équipement de protection individuelle (EPI)

Des procédures doivent être définies pour l'utilisation des équipements de protection respiratoire lorsque les concentrations de vapeur sont susceptibles de dépasser la TLV-TWA.

Il doit être envisagé de fournir des Appareils Respiratoires pour Evacuation d'Urgence (AREU) au personnel travaillant dans des zones dangereuses. Ces équipements sont très légers et peuvent être enfilés rapidement en cas de détection de gaz.

Le personnel doit être tenu de porter un appareil respiratoire dans les circonstances suivantes :

- A chaque fois qu'il est susceptible d'être exposé à des vapeurs de H_2S au-delà de la TLV-TWA,
- Lorsque la TLV-TWA spécifiée par les autorités nationales ou internationales est dépassée ou risque d'être dépassée,
- Lorsque le contrôle ne peut pas être effectué,
- Lorsque des opérations en mode fermé ne peuvent pas être effectuées pour une raison quelconque et que les concentrations de H_2S sont susceptibles de dépasser la valeur TLV-TWA.

Procédures des sociétés et terminaux

Le système de gestion de la sécurité du bateau-citerne (SGS) (*Safety Management System - SMS*) et le guide des opérations du terminal doivent contenir des instructions et des procédures visant à assurer la sécurité des opérations lors de la manutention de cargaisons susceptibles de contenir du H_2S. Les exigences fonctionnelles doivent inclure, sans s'y limiter, les éléments suivants :

- Formation de tous les membres de l'équipage aux risques associés au H_2S et aux précautions à prendre pour limiter les risques à des niveaux acceptables,
- Procédures de fonctionnement sûres pour toutes les opérations,

© CCNR/OCIMF 2010

- Procédures de tests de gaz / de surveillance de l'atmosphère,
- Procédures de maintenance pour les systèmes liés à la cargaison,
- Exigences EPI,
- Préparation aux imprévus,
- Mesures d'intervention d'urgence,
- Mesures visant à protéger les visiteurs contre l'exposition.

2.3.6.5 Procédures supplémentaires lors de la manutention de cargaisons à très fortes concentrations en H_2S

Les entreprises et les terminaux doivent élaborer des procédures supplémentaires pour la manutention de cargaisons présentant des teneurs très élevées en H_2S. (100 ppm dans le volume de phase gazeuse sont considérées comme un seuil raisonnable)

Pour éviter une exposition à des concentrations élevées de sulfure d'hydrogène, les membres d'équipage sur le pont doivent porter un détecteur personnel de sulfure d'hydrogène assorti d'une alarme. Lorsque ce détecteur déclenche une alarme, les actions suivantes, au minimum, doivent être prises immédiatement :

- Arrêter la manutention de cargaison,
- Informer les membres d'équipage,
- Informer le personnel du quai,
- Informer les autres bateaux-citernes voisins (en particulier ceux à côté, sous le vent),
- Informer l'opérateur du bateau-citerne,
- Demander au terminal d'effectuer une mesure,
- Discuter en étroite coopération avec le terminal et l'opérateur la façon de poursuivre l'opération de manutention.

Essayez de rester sur le côté exposé au vent et ne restez pas inutilement sur le pont.

2.3.6.6 Corrosion

Le H_2S est très corrosif et des cycles renforcés d'inspection et d'entretien doivent être mis en place si du H_2S est susceptible d'être présent en concentrations élevées.

Les sièges en laiton possédant une valve de pression / vide sont davantage susceptibles de se détériorer que les sièges en acier inoxydable.

Les jauges mécaniques des citernes sont davantage susceptibles de se détériorer car le H_2S a un effet néfaste sur la tension des ressorts en acier inoxydable et sur les métaux tels que le laiton et le bronze. Une augmentation du stock de pièces de rechange peut s'avérer nécessaire.

Les composants d'ordinateurs et d'instrument qui sont réalisés en or et en argent sont particulièrement sensibles même aux faibles concentrations de H_2S.

2.3.6.7 Nocivité générale

En plus de présenter un danger pour la santé, l'odeur du H_2S est également considérée comme une nuisance publique. La plupart des réglementations environnementales locales limitent ou interdisent l'émission de concentrations de H_2S dans l'atmosphère, ce qui constitue sans aucun doute une bonne pratique. Il est par conséquent nécessaire de maintenir la pression des citernes à cargaison dans des limites acceptables.

La pression de vapeur dans la citerne augmentera rapidement si le volume de phase gazeuse est exposé à la chaleur ou si le produit est agité.

© CCNR/OCIMF 2010

2.3.7 Mercaptans

Les mercaptans sont des gaz incolores et odorants générés naturellement par la dégradation d'organismes naturels. Leur odeur peut être comparée à celle du chou pourri. Ils peuvent également être trouvés dans les usines de traitement de l'eau et dans les installations de traitement de ballast.

Les mercaptans sont également présents dans les vapeurs de cargaisons de pentane plus ainsi que dans certains pétroles bruts. Ils sont également utilisés comme agent odorant du gaz naturel.

Les mercaptans peuvent être détectés par l'odorat à des concentrations inférieures à 0,5 ppm, mais des effets sur la santé ne sont ressentis que lorsque la concentration atteint un niveau plusieurs fois supérieur.

Les premiers effets des mercaptans sur les personnes sont similaires à ceux causés par l'exposition au H_2S, c'est à dire une irritation des poumons, des yeux, du nez et de la gorge. Si la concentration est très élevée, une perte de conscience peut se produire et il peut être nécessaire d'administrer de l'oxygène.

2.3.8 Essences contenant du plomb tétraéthyle (PTE) ou du plomb tétraméthyl (TML)

Les quantités de plomb tétraéthyle (PTE) ou de plomb tétraméthyl (TML) normalement ajoutés aux essences ne sont pas suffisantes pour rendre les vapeurs provenant de ces produits nettement plus toxiques que celles des essences sans plomb. Les effets des vapeurs d'essence au plomb sont donc similaires à ceux décrits pour les vapeurs de produits (voir section 2.3.3).

2.3.9 Gaz inerte

2.3.9.1 Généralités

Le gaz inerte est principalement utilisé pour le contrôle des atmosphères des citernes à cargaison, empêchant ainsi la formation de mélanges inflammables. L'exigence principale pour un gaz inerte est une faible teneur en oxygène. Sa composition peut toutefois être variable. (Le tableau 7.1 dans la section 7.1.3 fournit des indications sur les composants typiques de gaz inertes, exprimées en pourcentage par rapport au volume.)

2.3.9.2 Composants toxiques

Le principal danger associé au gaz inerte est sa faible teneur en oxygène. Toutefois, certains gaz inertes peuvent contenir des traces de différents gaz toxiques qui sont susceptibles d'augmenter le risque encouru par le personnel qui y est exposé.

Les précautions à prendre avant de pénétrer dans une citerne ne comprennent pas d'exigences concernant la mesure directe de la concentration en composants de gaz inerte. Ceci est dû au fait que la procédure de dégazage requise pour l'entrée dans la citerne est suffisante pour ramener la teneur en composants toxiques sous leur valeur TLV-TWA.

2.3.9.3 Sans objet

2.3.9.4 Sans objet

2.3.9.5 Sans objet

© CCNR/OCIMF 2010

2.3.10 Sous-oxygénation

La teneur en oxygène de l'atmosphère dans les espaces confinés peut être faible pour plusieurs raisons. La plus évidente est que l'espace a été inerté et que l'oxygène a été remplacé par le gaz inerte. L'oxygène peut également être retiré de l'atmosphère par des réactions chimiques telles que la rouille ou le durcissement de peintures ou de revêtements.

Lorsque la teneur en oxygène disponible passe sous la valeur normale de 21 % en volume, la respiration tend à devenir plus rapide et plus profonde. Les symptômes indiquant que l'atmosphère est pauvre en oxygène sont susceptibles de ne pas constituer un avertissement suffisant par rapport au risque encouru. La plupart des personnes ne se rendent pas compte du danger jusqu'à ce qu'elles soient trop faibles pour pouvoir quitter les lieux sans assistance. Ceci est particulièrement vrai lorsqu'il est nécessaire de grimper pour s'échapper.
Bien que la sensibilité varie selon les individus, tous sont affectés si la teneur en oxygène tombe à 16 % en volume.

L'exposition à une atmosphère qui présente une teneur en oxygène inférieure à 10 % en volume entraîne inévitablement une perte de conscience. La rapidité de la perte de conscience augmente proportionnellement à la diminution de l'oxygène disponible et entraîne la mort si la victime n'est pas emmenée à l'air libre et réanimée.

Une atmosphère présentant une teneur en oxygène inférieure à 5 % en volume provoque une perte de conscience immédiate sans autre avertissement qu'une tentative d'inspiration. Si la réanimation n'intervient qu'après plus de quelques minutes, le cerveau subira des dommages irréversibles, même si la victime a la vie sauve.

2.3.11 FAME (ester méthylique d'acide gras / *Fatty Acid Methyl Ester*)

Le FAME est utilisé en tant que composant biogène mélangé à des biocarburants de distillats moyens. Les molécules sont principalement obtenues à partir d'huiles végétales par transestérification (processus de remplacement du groupe d'alcool d'un composé d'ester par un autre alcool). Lors du transport, il convient de veiller à prendre des dispositions pour éviter une contamination par des matières toxiques susceptibles nuire à la sécurité du produit final et qui pourrait affecter le traitement du produit oléo-chimique lui-même. Les esters méthyliques dans la gamme C8 - C18 ne sont pratiquement pas toxiques.

La résistance aux esters méthyliques des revêtements des citernes à cargaison et des pièces en caoutchouc synthétique des matériels doit être surveillée.

2.3.12 MTBE / ETBE

Le méthyl-tertio-butyl-éther (MTBE) et l'éthyle-tertio-butyl éther (ETBE) sont des liquides hautement inflammables présentant une odeur caractéristique désagréable. Ils sont fabriqués par le mélange de produits chimiques tels que l'isobutylène et le méthanol et ont été utilisés comme additif oxygénant lors de la production d'essence. Les MTBE / ETBE s'évaporent rapidement et de petites quantités peuvent se dissoudre dans l'eau. Les MTBE / ETBE peuvent se fixer sur des particules contenues dans l'eau, lesquelles finiront par se déposer au fond avec les sédiments.

De l'attention doit être accordée aux risques environnementaux associés à des mélanges d'eau et de MTBE / ETBE dans les citernes à cargaisons et à résidus. Il est recommandé que les transports de MTBE / ETBE ne soient réalisés que par des bateaux-citernes possédant un système de ballastage distinct.

© CCNR/OCIMF 2010

Il est recommandé que les bateaux-citernes transportant des MTBE / ETBE soient équipés de points d'échantillonnage à faibles émissions.

L'éthyle tertio-butyl-éther est couramment utilisé comme additif oxygénant dans l'essence. Les vapeurs de MTBE et d'ETBE étant plus lourdes que l'air, elles stagneront naturellement près de la surface de l'eau du fleuve. Il est par conséquent préférable de ne pas évacuer les vapeurs en cours de voyage.

Le ballastage doit toujours être limité aux citernes réservées au ballastage. Tout nettoyage des citernes à cargaison ainsi que l'élimination de tout résidu de produit et d'eaux de lavage doivent être effectués de manière contrôlée, dans des installations d'élimination agréées et conformément à la réglementation locale en vigueur.

2.3.13 Ethanol

L'éthanol (alcool éthylique, alcool de grain) dénaturé est un liquide clair, incolore à odeur caractéristique agréable et qui est l'un des composants de biocarburants.

L'éthanol est dénaturé pour empêcher son utilisation en tant que boisson. L'éthanol dénaturé peut contenir de petites quantités, respectivement 1 ou 2 %, de plusieurs substances différentes désagréables ou toxiques.

De l'attention doit être accordée aux mélanges d'eau et d'éthanol dans les citernes à cargaison et à résidus et à l'inflammabilité en résultant. Un système séparé de citernes à cargaison et de ballastage ainsi qu'un retour de vapeur et un système d'assèchement sont recommandés. Une attention particulière doit être accordée à la vaste plage d'inflammabilité des vapeurs de produit (3.4 – 19 % en volume dans l'air) et le ballastage doit toujours être limité aux citernes de ballastage dédiées. Tout nettoyage des citernes à cargaison ainsi que l'élimination de tout résidu de produit et d'eaux de lavage doivent être effectués de manière contrôlée dans des installations d'élimination agréées et conformément à la réglementation locale en vigueur.

2.4 Mesure de gaz

2.4.1 Introduction

La présente section décrit les principes, les utilisations et les limites des instruments portatifs destinés à mesurer les concentrations de gaz d'hydrocarbures (en atmosphère inerte et non-inerte), d'autres gaz toxiques ainsi que d'oxygène. Certaines installations fixes sont également décrites. Pour des informations détaillées sur l'utilisation de tous les instruments, il convient de toujours se référer aux instructions du fabricant et à la FDSP du produit.

Il est essentiel que tout instrument utilisé soit :

- adapté pour le test requis,
- suffisamment précis pour le test requis,
- d'un type homologué,
- correctement entretenu,
- fréquemment contrôlé au moyen d'échantillons standard.

© CCNR/OCIMF 2010

2.4.2 Mesure de la concentration du produit

Il existe différents instruments portables pour la détection de concentrations de produits et d'atmosphères dangereuses, de gaz toxiques et d'oxygène. Compte tenu des différences de sensibilité des appareils et de leurs limites, il convient de se référer aux informations contenues dans la documentation du fabricant et aux FDSP des produits lors de la sélection d'un instrument pour une tâche donnée.

La mesure de vapeurs d'hydrocarbures à bord des bateaux-citernes et aux terminaux comporte deux catégories :

1. La mesure des gaz d'hydrocarbures dans l'air à des concentrations inférieures à la Limite Inférieure d'Explosivité (LIE).
   Il s'agit de détecter la présence de vapeurs inflammables (et potentiellement explosives) et de détecter les concentrations de vapeurs d'hydrocarbures susceptibles d'être dangereuses pour le personnel. Ces lectures sont exprimées en pourcentage de la Limite Inférieure d'Explosivité (LIE) et sont généralement comptabilisées en % de la LIE. Les instruments utilisés pour mesurer le % de la LIE sont des détecteurs de gaz combustibles à filament catalytique (GCFC), qui sont généralement appelés détecteurs de gaz inflammables ou explosimètres. Un détecteur GCFC ne doit pas être utilisé pour la mesure de gaz d'hydrocarbures dans des atmosphères inertes.

2. La mesure des gaz d'hydrocarbures en tant que pourcentage en volume total de l'atmosphère considérée.
   A bord d'un bateau-citerne, cette mesure est habituellement effectuée pour déterminer le pourcentage de vapeur d'hydrocarbure dans une atmosphère à faible teneur en oxygène (inerte). Les instruments utilisés pour mesurer les vapeurs d'hydrocarbures dans une atmosphère de gaz inerte sont spécialement conçus à cet effet. Les relevés obtenus sont exprimés en pourcentage de la vapeur d'hydrocarbures par rapport au volume et sont enregistrés en % vol.
   Les instruments utilisés pour mesurer le pourcentage des vapeurs d'hydrocarbures dans les gaz inertes sont des explosimètres non catalytique (généralement appelés Tankscopes) et les indicateurs d'indice de réfraction. L'évolution récente de la technologie de détection de gaz a abouti à l'introduction d'instruments électroniques à capteurs infrarouge qui peuvent remplir la même fonction que le Tankscope.

2.4.3 Détecteurs de gaz inflammables (explosimètres)

Les détecteurs modernes de gaz inflammables (explosimètres) possèdent en tant que capteur un pellistor (capteur catalytique) résistant au poison et inflammable. Les pellistors nécessitent une teneur en oxygène (minimum 11% en volume) pour fonctionner efficacement et, pour cette raison, les détecteurs de gaz inflammables ne doivent pas être utilisés pour mesurer les gaz d'hydrocarbures dans des atmosphères inertes.

2.4.3.1 Principe de fonctionnement

Un schéma simplifié du circuit électrique comprenant un pellistor dans un pont de Wheatstone est présenté à la figure 2.1.

Contrairement aux anciens explosimètres, l'instrument à pellistor équilibre la tension et met automatiquement à zéro l'affichage lorsque l'appareil est mis en marche à l'air libre. En général, environ 30 secondes sont nécessaires au pellistor pour atteindre sa température de fonctionnement. Toutefois, l'opérateur doit toujours se référer aux instructions du fabricant pour la procédure de démarrage.

© CCNR/OCIMF 2010

Un échantillon de gaz peut être prélevé de différentes manières :

- Diffusion,
- Tuyau et poire d'aspiration (un serrement équivaut à environ 1 mètre linéaire de tuyau),
- Pompe motorisée (interne ou externe).

Les vapeurs inflammables sont aspirées à travers un filtre fritté (pare-flamme) dans la chambre de combustion du pellistor. La chambre comporte deux éléments, le détecteur et le compensateur. Cette paire d'éléments est chauffée à une température comprise entre 400 et 600 ºC.
En l'absence de gaz, les résistances de ces deux éléments sont équilibrées et le pont produira un signal de référence stable. Lorsque des gaz combustibles sont présents, ils s'oxydent par catalyse sur l'élément détecteur et provoquent une hausse de sa température. Cette oxydation n'est possible que si la teneur en oxygène est suffisante. La différence de température par rapport à l'élément compensateur est présentée en tant que % de la LIE.
La lecture est effectuée lorsque l'écran est stable. Les instruments modernes indiqueront sur l'écran si l'échantillon de gaz a dépassé la LIE.

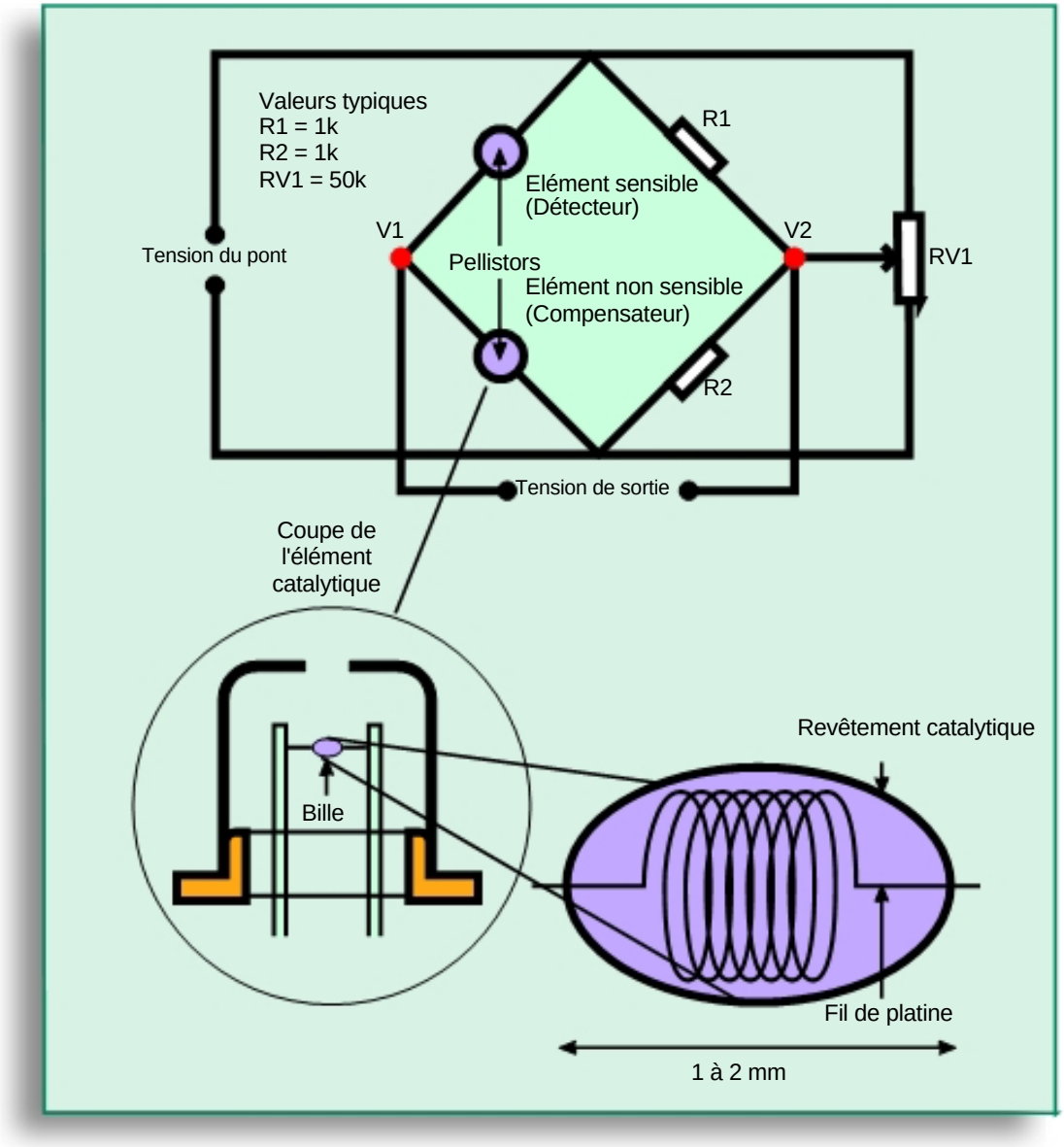


Figure 2.1 - Schéma simplifié d'un détecteur de gaz inflammable comportant un pellistor

© CCNR/OCIMF 2010

Des précautions doivent être prises pour s'assurer que le liquide n'est pas aspiré dans l'instrument. L'utilisation d'un séparateur d'eau intégré et d'une sonde à flotteur adaptée à l'extrémité du tuyau d'aspiration doit empêcher ceci. (Voir aussi section 2.4.13.3)

Seuls les filtres de coton doivent être utilisés pour éliminer les particules solides ou liquides de l'échantillon de gaz lorsque des hydrocarbures sont mesurés. Des séparateurs d'eau peuvent être utilisés pour protéger l'instrument lorsque l'échantillon de gaz est susceptible d'être très humide. Des indications concernant l'utilisation de filtres et bacs figurent dans le manuel d'utilisation de l'instrument. (Voir aussi la section 2.4.13.3)

2.4.3.2 Précautions

Poisons et inhibiteurs

Certains composants peuvent réduire la sensibilité du pellistor.

- Poisons – il s'agit de composants susceptibles d'affecter de façon permanente les performances du pellistor et qui comprennent les vapeurs de silicone et les composés organiques de plomb.
- Inhibiteurs - ces composants agissent d'une manière très similaire aux poisons, mais la réaction est réversible. Les inhibiteurs comprennent le sulfure d'hydrogène, les fréons et les hydrocarbures chlorés. Si la présence de sulfure d'hydrogène est suspectée, ceci doit être vérifié avant d'effectuer toute mesure de vapeurs d'hydrocarbures. (Voir la section 2.3.6.)

Pression

Les capteurs des instruments de type pellistor ne doivent pas être soumis à de la pression car cela endommagerait le pellistor.
Une telle pressurisation peut avoir lieu lors de la détection de gaz dans les conditions suivantes :

- Gaz inerte sous haute pression ou à grande vitesse, par exemple à partir d'un tuyau de purge ou de dégagement à grande vitesse,
- Mélanges de gaz d'hydrocarbures à haute vitesse dans les sorties de vapeur ou de dégagement à grande vitesse.

Ce qui précède s'applique aussi pour l'utilisation d'instruments multi-gaz. A titre d'exemple, lorsqu'un capteur infrarouge est utilisé pour procéder à une détection de gaz en % vol, le capteur pellistor dans l'instrument peut subir des dommages si le flux d'entrée des gaz dans l'instrument est pressurisé ou à grande vitesse.

Condensation

La performance de pellistors peut être temporairement affectée par la condensation. Cela peut se produire lorsque l'instrument est placé dans une atmosphère humide après qu'il ait été entreposé dans un local pourvu d'un système d'air conditionné. Il convient de laisser aux instruments le temps d'atteindre la température de fonctionnement avant de les utiliser.

Brouillards combustibles

Les instruments à pellistor n'indiquent pas la présence de brouillards combustibles (par exemple d'huiles lubrifiantes) ni de poussières.

© CCNR/OCIMF 2010

2.4.3.3 Procédures d'étalonnage et de contrôle de l'instrument

L'instrument est assemblé à l'usine pour être étalonné en utilisant un mélange spécifique de gaz d'hydrocarbures et d'air. Le gaz d'hydrocarbures à utiliser pour l'étalonnage et pour les essais doit être indiqué sur une étiquette fixée sur l'instrument.

Des informations relatives à l'étalonnage et aux essais de fonctionnement ainsi que sur le contrôle des instruments pour la détection de gaz figurent respectivement aux sections 8.2.6 et 8.2.7.

2.4.3.4 Précision de la mesure

La réponse de l'instrument dépend de la composition du gaz d'hydrocarbures mesuré et, dans la pratique, cette composition n'est pas connue. En utilisant le propane ou le butane en tant que gaz d'étalonnage d'un instrument utilisé à bord de bateaux-citernes transportant du pétrole brut stabilisé ou des produits pétroliers, les indications fournies peuvent être légèrement faussées en donnant un résultat légèrement supérieur. Ceci garantit que tout résultat indiqué comporte une "marge de sécurité". (Voir aussi la section 8.2.6.)

Les facteurs susceptibles d'affecter les mesures sont les changements significatifs de la température ambiante et une pression excessive de l'atmosphère dans la citerne mesurée, ceci impliquant des débits élevés qui se répercutent sur la température du pellistor.

L'utilisation de tubes de dilution permettant aux détecteurs à filament catalytique de mesurer des concentrations des mélanges de gaz d'hydrocarbures et d'air trop riches n'est pas recommandée.

2.4.3.5 Caractéristiques opérationnelles

Les instruments plus anciens sont équipés de pare-flammes à l'entrée et à la sortie de la chambre à filament du détecteur. Les pare-flammes sont essentiels pour prévenir la possibilité de propagation de la flamme depuis la chambre de combustion et une vérification doit toujours être faite pour s'assurer qu'ils sont en place et correctement installés. Les appareils modernes de type pellistor sont équipés de filtres frittés généralement montés dans le corps du pellistor.

En tant que condition pour donner leur approbation, certaines autorités exigent que l'appareil de mesure soit entouré de PVC avec des boîtiers en aluminium pour éviter le risque d'étincelles pouvant provoquer un incendie en cas de choc du boîtier contre de l'acier rouillé.

2.4.4 Détecteurs de gaz à filament chauffé non-catalytique (Tankscopes)

2.4.4.1 Principe de fonctionnement

L'élément de détection de cet instrument est généralement un filament chaud non catalytique. La composition du gaz environnant détermine le taux de perte de chaleur du filament et donc sa température et sa résistance.

Le filament capteur forme un bras d'un pont de Wheatstone. L'opération initiale de mise à zéro équilibre le pont et établit la tension correcte à travers le filament, assurant ainsi la température de fonctionnement correcte. Au cours de la remise à zéro, le filament capteur est purgé à l'air ou au gaz inerte exempt d'hydrocarbures. Comme dans l'explosimètre, un second filament identique se trouve dans le deuxième bras du pont, lequel est gardé en permanence en contact avec l'air et qui agit comme un filament compensateur.

© CCNR/OCIMF 2010

La présence d'hydrocarbures change la résistance du filament capteur et ceci est montré par une flèche sur le détecteur à pont. Le taux de perte de chaleur du filament est une fonction non-linéaire de la concentration en hydrocarbures et la graduation du détecteur reflète cette non-linéarité. Le capteur indique directement le % d'hydrocarbures par rapport au volume.

Lors de l'utilisation de l'instrument, les instructions détaillées du fabricant doivent toujours être respectées. Après que l'instrument ait été initialement mis à zéro avec de l'air frais en contact avec le filament capteur, un échantillon est aspiré dans le capteur au moyen d'une poire d'aspiration en caoutchouc. La poire doit être actionnée jusqu'à ce que le pointeur du capteur s'arrête sur la graduation (généralement entre 15 et 20 pressions), puis l'aspiration doit être arrêtée pour lire le résultat final. Il est important que la lecture soit effectuée sans écoulement à travers l'instrument et que le gaz soit à la pression atmosphérique normale.

Le filament non catalytique n'est pas affecté par les concentrations de gaz au-delà de sa fourchette de fonctionnement. L'aiguille de l'instrument quitte la graduation et reste dans cette position aussi longtemps que le filament demeure exposé au mélange riche en gaz.

2.4.4.2 Procédures de vérification des instruments

La vérification d'un instrument à filament chauffé non catalytique nécessite de disposer de mélanges de gaz dont la concentration totale en hydrocarbures est connue.

Le gaz vecteur peut être l'air, l'azote ou le dioxyde de carbone ou un mélange des deux. Étant donné que ce type d'instrument peut être nécessaire pour mesurer avec précision de faibles concentrations (1 % - 3 % en volume) ou des concentrations élevées (supérieures à 10 % en volume), il est souhaitable de disposer de deux mélanges d'essai, par exemple à 2 % et 15 % en volume, ou d'un mélange entre ces deux valeurs, par exemple 8 % en volume. Les mélanges de gaz pour l'essai sont disponibles dans les petits récipients de type aérosol ou de petites bouteilles de gaz sous pression, ou peuvent être préparés dans un kit d'essai spécial.

2.4.4.3 Précision de la mesure

Une réponse correcte de ces instruments ne peut être obtenue que lorsque sont mesurées des concentrations de gaz dans des mélanges pour lesquels l'instrument a été étalonné et qui restent gazeux à la température de l'instrument.

Des écarts relativement faibles dans l'instrument par rapport à la pression atmosphérique normale ont pour conséquence des différences significatives dans la concentration de gaz indiquée. Si un espace qui est sous haute pression est échantillonné, il peut être nécessaire de détacher la conduite d'échantillonnage de l'instrument pour permettre à la pression de l'échantillon d'atteindre le niveau de la pression atmosphérique.

2.4.4.4 Instruments avec capteurs infrarouge

Lors de la sélection d'un instrument qui utilise un capteur infrarouge pour mesurer le pourcentage d'hydrocarbures par rapport au volume dans une atmosphère de gaz inerte, il convient de veiller à ce que le capteur fournisse des mesures précises pour la gamme des gaz susceptibles d'être présents dans l'atmosphère à mesurer. Il peut être prudent de procéder à des mesures comparatives avec un Tankscope pour vérifier la concordance des indications fournies par l'instrument en question.

© CCNR/OCIMF 2010

2.4.5 Interféromètre (appareil mesurant l'indice de réfraction)

2.4.5.1 Principe de fonctionnement

Un interféromètre est un dispositif optique qui utilise la différence entre les indices de réfraction de l'échantillon de gaz et de l'air.

Dans ce type d'instrument, un faisceau de lumière est divisé en deux et ces deux faisceaux sont ensuite recombinés à l'oculaire. Les faisceaux recombinés présentent un modèle d'interférence que l'observateur peut voir sous la forme d'un certain nombre de lignes sombres dans l'oculaire.

Un trajet de la lumière traverse des chambres remplies d'air. L'autre trajet passe par des chambres à travers lesquelles est pompé l'échantillon de gaz. Au départ, ces chambres sont remplies d'air et l'instrument est réglé de sorte que l'une des lignes sombres coïncide avec la ligne du zéro sur la graduation de l'instrument. Si un mélange de gaz est ensuite injecté dans les chambres de l'échantillon, les lignes sombres sont déplacées sur la graduation proportionnellement au changement de l'indice de réfraction.

Le déplacement est mesuré par la lecture de la nouvelle position sur la graduation de la ligne qui était initialement placée sur le zéro de la graduation de l'instrument. La graduation peut être étalonnée en unités de concentration ou il peut s'agir d'une échelle arbitraire dont les lectures sont converties en unités requises pour un tableau ou un graphique.

La réponse de l'instrument est linéaire et un essai unique avec un mélange standard à une concentration connue est suffisant aux fins de la vérification.

L'instrument est normalement calibré pour un mélange de gaz d'hydrocarbures en particulier. Tant que l'utilisation de l'instrument est limitée au mélange de gaz d'étalonnage, il fournit des mesures précises des concentrations de gaz.

La mesure de la concentration de gaz d'hydrocarbures dans une atmosphère inerte est affectée par la présence de dioxyde de carbone lorsque des gaz de combustion sont utilisés pour l'inertage. Dans ce cas, l'utilisation de la chaux sodée comme absorbant du dioxyde de carbone est recommandée, à condition que le résultat affiché soit corrigé en conséquence.

L'appareil de mesure de l'indice de réfraction n'est pas affecté par les concentrations de gaz au-delà de sa fourchette de mesure. L'aiguille de l'instrument quitte la graduation et reste dans cette position aussi longtemps que les chambres d'échantillonnage demeurent remplies du mélange de gaz.

2.4.5.2 Procédures de vérification des instruments

Un mélange connu d'hydrocarbures, par exemple du propane dans de l'azote à une concentration connue, doit être utilisé pour contrôler l'appareil. Si le gaz d'hydrocarbures pour l'essai diffère du gaz d'étalonnage initial, le résultat indiqué doit être multiplié par le facteur de correction approprié avant de juger la précision et la stabilité de l'instrument.

© CCNR/OCIMF 2010

2.4.6 Instruments à infrarouge (IR)

2.4.6.1 Principe de fonctionnement

Le capteur infrarouge (IR) est un transducteur pour la mesure de la concentration d'hydrocarbures dans l'atmosphère par l'absorption du rayonnement infrarouge.

La vapeur qui doit être contrôlée atteint la chambre de mesure par diffusion ou au moyen d'une pompe. Le rayonnement lumineux infrarouge de la source de lumière pénètre dans la chambre par une fenêtre, il y est réfléchi et concentré par le miroir sphérique, puis il traverse une autre fenêtre et atteint le séparateur de faisceaux. La partie du rayonnement qui traverse le séparateur de faisceau passe à travers un filtre à interférence à large bande (filtre de mesure), puis atteint le couvercle du boîtier du détecteur de mesure, où il est converti en un signal électrique.

La partie du rayonnement qui est réfléchie par le séparateur de faisceau traverse le filtre de référence pour atteindre le détecteur de référence.

Si le mélange gazeux dans la chambre contient des hydrocarbures, une partie du rayonnement est absorbée dans la gamme de longueur d'onde du filtre de mesure et un signal électrique atténué est produit. Pendant ce temps, le signal du détecteur de référence demeure inchangé. La concentration de gaz est déterminée en comparant les valeurs relatives du détecteur de référence et le détecteur de mesure.

Les différences à la sortie de la source de lumière infrarouge, la saleté sur les miroirs et les fenêtres ainsi que les poussières d'aérosols contenues dans l'air ont un effet identique sur les deux détecteurs et sont donc compensés.

2.4.6.2 Procédures de vérification de l'instrument

Cet instrument doit être vérifié au moyen d'un gaz de contrôle composé d'un mélange connu d'hydrocarbures. Le capteur IR ne nécessite pas la présence d'air ou de gaz inerte dans la concentration de gaz, car son fonctionnement est basé uniquement sur les molécules d'hydrocarbures. En général, ces instruments sont très stables et nécessitent peu d'entretien. L'étalonnage doit être vérifié fréquemment conformément aux instructions du fabricant et aux procédures de gestion de la sécurité du bateau. (Voir aussi la section 2.4.4.4.)

© CCNR/OCIMF 2010

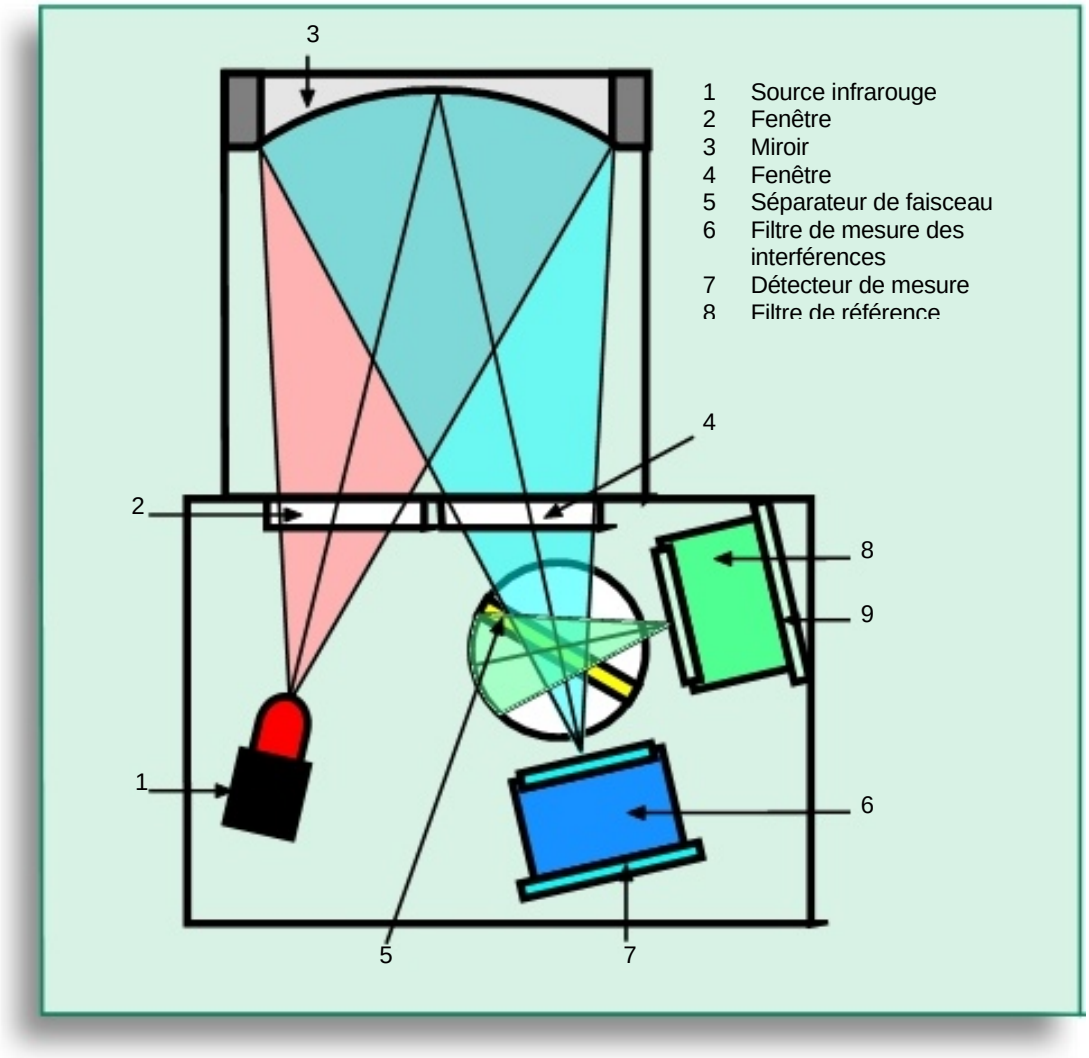


Figure 2.2 - Capteur infrarouge

© CCNR/OCIMF 2010

2.4.7 Mesure de faibles concentrations de gaz toxiques

2.4.7.1 Tubes détecteurs d'agents chimiques

Les tubes détecteurs d'agents chimiques sont probablement l'équipement le plus pratique et le plus adapté à la mesure de très faibles concentrations de gaz toxiques bord de bateaux-citernes.

Des erreurs de mesure peuvent se produire si plusieurs gaz sont présents en même temps, étant donné qu'un gaz peut fausser la mesure d'un autre gaz. Le mode d'emploi du fabricant de l'instrument doit toujours être consulté avant de mesurer de telles atmosphères.

Les tubes détecteurs d'agents chimiques sont composés d'un tube de verre scellé dont le contenu est conçu pour réagir en présence d'un gaz spécifique et pour donner une indication visible de la concentration de ce gaz. Pour utiliser l'appareil, les scellés situés à chaque extrémité du tube de verre sont brisés, le tube est inséré dans une pompe manuelle à soufflets pour le déplacement de volumes fixes, puis un volume donné de mélange de gaz est aspiré dans le tube à un taux défini par le taux d'expansion du soufflet. Un changement de couleur le long du tube et la longueur de la décoloration, qui correspond à la mesure de la concentration de gaz, sont lus sur la graduation intégrée au tube.

Pour certaines variantes de ces instruments, une seringue d'injection manuelle est utilisée au lieu de la pompe à soufflet.

Il est important que tous les composants utilisés pour toute mesure proviennent du même fabricant. Il n'est pas admissible d'utiliser un tube d'un fabricant donné avec une pompe manuelle d'un autre fabricant. Il est également important que les instructions d'utilisation du fabricant soient soigneusement observées.

Etant donné que la mesure dépend du passage d'un volume fixe de gaz à travers le tube de verre, toute utilisation de tuyaux de rallonge doit être strictement conforme aux instructions du fabricant.

Les tubes sont conçus pour mesurer les concentrations de gaz dans l'air. Par conséquent, les mesures effectuées dans une citerne aérée pour permettre l'entrée dans la citerne sont en principe fiables.

Pour chaque type de tube, les fabricants doivent garantir l'observation des normes de précision fixées par les normes nationales. Les exploitants de bateaux-citernes doivent consulter l'administration du pavillon du bateau pour obtenir des conseils sur l'équipement acceptable.

2.4.7.2 Capteurs électrochimiques

Les capteurs électrochimiques sont basés sur le fait que peuvent être fabriquées des cellules qui réagissent avec les gaz à mesurer et génèrent un courant électrique. Ce courant peut être mesuré et la quantité de gaz peut ainsi être déterminée. Ces capteurs ne sont pas onéreux et sont suffisamment petits pour permettre d'en incorporer plusieurs dans un même instrument, ce qui les rend appropriés pour une utilisation dans des détecteurs multi-gaz.

Il existe de nombreux capteurs électrochimiques disponibles couvrant un certain nombre de gaz susceptibles d'être présents à bord des bateaux, tels que l'ammoniac, le sulfure d'hydrogène, le monoxyde de carbone, le dioxyde de carbone et de dioxyde de soufre.

© CCNR/OCIMF 2010

Les capteurs électrochimiques peuvent être utilisés dans des instruments autonomes capables d'émettre un avertissement si est atteinte une concentration prédéterminée de vapeur, ou ils peuvent être montés dans un instrument multicapteurs pour fournir une lecture de la concentration de vapeur, généralement en parties par million (ppm).

Ces capteurs peuvent donner des résultats erronés en raison de leur sensibilité aux interférences. Cela se produit, par exemple, lorsque l'on mesure les gaz toxiques en présence de gaz d'hydrocarbures, par exemple le H_2S en présence d'oxyde nitrique et de dioxyde de soufre.

2.4.8 Installations fixes de détection de gaz

Les installations fixes de détection de gaz sont utilisées à bord de certains bateaux-citernes pour surveiller l'inflammabilité de l'atmosphère dans les espaces tels que les espaces de la double coque, des doubles-fonds des chambres des pompes, des salles des machines, des chaudières, de la timonerie et des logements.

Les trois régimes généraux ci-après ont été développés pour les installations fixes de surveillance :

- Dispositifs de détection placés dans tous les locaux à surveiller. Les signaux sont captés de manière séquentielle depuis de chaque capteur par un appareil de contrôle centralisé,
- Système de mesure de gaz installé sur le tableau de contrôle centralisé,
- Capteurs infrarouge situés dans le local à surveiller, les dispositifs électroniques nécessaires pour le traitement des signaux étant situés dans un endroit sûr.

Les unités fixes de détection de gaz sont généralement installées en tant que moyen pour détecter une fuite de gaz et non pour effectuer des mesures préalables à l'accès. Les mesures des gaz préalables à l'accès doivent uniquement être effectuées avec un équipement qui a été calibré et testé et qui possède des graduations d'indication appropriées.
Certaines unités fixes de détection de gaz répondent à ces critères. (Voir la Section 10.10.2).

2.4.9 Mesure des concentrations d'oxygène

Les analyseurs d'oxygène portatifs sont normalement utilisés pour déterminer si l'atmosphère dans un espace confiné (par exemple une citerne à cargaison) peut être considérée comme totalement inerte ou sans danger pour y pénétrer. Des analyseurs d'oxygène fixes sont utilisés pour surveiller la teneur en oxygène dans les cheminées de chaudières et tuyaux de gaz inerte.
Les types les plus courants d'analyseurs d'oxygène actuellement utilisés sont les suivants :

- Capteurs paramagnétiques
- Capteurs électrochimiques

Tous les analyseurs, indépendamment du type, doivent être utilisés en stricte conformité avec les instructions du fabricant. S'ils sont utilisés de manière conforme et si sont observées les restrictions ci-après, les analyseurs peuvent être considérés comme étant fiables.

© CCNR/OCIMF 2010

2.4.10 Utilisation des analyseurs d'oxygène

2.4.10.1 Capteurs paramagnétiques

L'oxygène est fortement paramagnétique (c'est-à-dire qu'il est attiré par les pôles d'un aimant, mais ne conserve aucun magnétisme permanent), alors que la plupart des autres gaz courants ne le sont pas. Cette propriété implique que la teneur en oxygène peut être mesurée dans une grande variété de mélanges de gaz.

Un analyseur d'oxygène ordinaire de type paramagnétique possède une cellule d'échantillonnage dans laquelle un corps léger est en suspension dans un champ magnétique. Lorsque le gaz d'échantillonnage est aspiré à travers la cellule, le corps suspendu subit une torsion proportionnelle à la sensibilité magnétique du gaz. Un courant électrique passant à travers une bobine enroulée autour du corps suspendu produit une torsion égale et opposée. Le courant d'égalisation permet de mesurer la force magnétique et par conséquent de mesurer la sensibilité magnétique de l'échantillon en fonction de sa teneur en oxygène.

Avant son utilisation, l'analyseur doit être testé avec de l'air pour un point de référence à 21 % d'oxygène et avec de l'azote ou du dioxyde de carbone pour un point de référence à 0 % d'oxygène.

La libération d'azote ou de dioxyde de carbone dans un milieu confiné ou non ventilé peut abaisser la teneur en oxygène à un niveau qui constitue un danger immédiat pour la vie ou la santé. L'étalonnage doit par conséquent être effectué dans des zones bien ventilées.

Les résultats de l'analyseur sont directement proportionnels à la pression dans la cellule de mesure. L'appareil est calibré pour une pression spécifique de l'atmosphère et la petite erreur due aux variations de pression atmosphérique peut être corrigée si nécessaire. Des échantillons continus doivent être fournis à l'instrument par pression positive. Ils ne doivent pas être aspirés à travers l'analyseur par pression négative car ceci rend incertaine la pression de mesure.

Le filtre doit être vidé ou remplacé lorsqu'une augmentation de la pression de l'échantillon est nécessaire pour maintenir un flux de gaz raisonnable à travers l'analyseur. Le même effet se produit si le filtre devient humide en raison d'un séchage insuffisant du gaz. Il convient de vérifier régulièrement la nécessité de nettoyer ou de remplacer le filtre.

2.4.10.2 Capteurs électrochimiques

Les analyseurs de ce type déterminent la teneur en oxygène d'un mélange gazeux en effectuant la mesure à la sortie d'une cellule électrochimique. Dans un analyseur ordinaire, l'oxygène traverse une membrane dans la cellule, provoquant le passage de courant entre deux électrodes spéciales séparées par un électrolyte liquide ou en gel.

Le courant est proportionnel à la concentration d'oxygène dans l'échantillon et la graduation fournit une indication directe sur la teneur en oxygène. La cellule peut être logée à la tête d'un capteur distinct relié par câble à l'unité de lecture.

Les résultats fournis par l'analyseur sont directement proportionnels à la pression dans la cellule de mesure, mais seulement des erreurs minimes sont causées par les variations normales de la pression atmosphérique.

© CCNR/OCIMF 2010

Certains gaz peuvent affecter le capteur et donner lieu à des lectures erronées. Le dioxyde de soufre et les oxydes d'azote faussent les résultats s'ils sont présents dans des concentrations supérieures à 0,25 % en volume. Les mercaptans et le sulfure d'hydrogène peuvent détériorer le capteur si leurs niveaux sont supérieurs à 1 % en volume. Cette détérioration n'est pas immédiate mais, après un certain temps, le capteur affecté est faussé et ne peut pas être calibré à l'air. Dans de tels cas, il convient de se référer aux instructions du fabricant.

2.4.10.3 Entretien, étalonnage et procédures d'essai

Comme ces analyseurs d'oxygène sont d'une importance vitale, ils doivent être accompagnés d'un certificat d'étalonnage valide et doivent être testés en stricte conformité aux instructions du fabricant avant toute utilisation.

A chaque fois qu'un instrument doit être utilisé, il est essentiel d'en vérifier les piles (s'il en comporte) et le point de réglage zéro (21 % d'oxygène). En cours d'utilisation, des contrôles fréquents doivent être effectués pour garantir en permanence l'obtention de résultats précis.

La réalisation du contrôle est simple avec tous les analyseurs utilisant l'air atmosphérique pour vérifier le point de référence (21 % d'oxygène) et un gaz inerte pour vérifier le point de référence de 0 % d'oxygène (azote ou dioxyde de carbone). (Voir aussi les sections 8.2.6 et 8.2.7.)

2.4.11 Instruments multi-gaz

Les instruments multi-gaz sont maintenant largement répandus et sont généralement capables de recevoir quatre capteurs différents. Une configuration habituelle comprend des capteurs pour mesurer :

- la vapeur d'hydrocarbures en % LIE (fonction explosimètre avec un capteur pellistor)
- la vapeur d'hydrocarbures dans un gaz inerte en % en volume (fonction Tankscope avec un capteur infrarouge)
- l'oxygène (avec un capteur électrochimique)
- le sulfure d'hydrogène (avec un capteur électrochimique).

Les instruments multi-gaz doivent être testés à intervalles réguliers conformément aux instructions du fabricant.

Les instruments multi-gaz peuvent être fournis pour mesurer des gaz et être munis d'un enregistreur de données, mais sans fonction d'alarme.

Des précautions doivent être prises lors de l'utilisation d'instruments multi-gaz pour vérifier les hydrocarbures dans une atmosphère inerte sous pression, étant donné que le pellistor à l'intérieur de l'instrument pourrait être endommagé s'il est soumis à la pression (voir la section 2.4.3.2).

2.4.12 Instruments personnels de surveillance des gaz

Les instruments multi-gaz peuvent être fournis sous la forme d'unités compactes équipées d'une fonction d'alarme pour une utilisation en tant que protection individuelle lors de l'entrée dans une citerne. Ces détecteurs personnels sont capables de mesurer en continu la teneur de l'atmosphère par diffusion. Ils emploient généralement jusqu'à quatre capteurs électrochimiques et doivent émettre automatiquement une alarme visuelle et sonore si l'atmosphère n'est plus sûre, avertissant ainsi le porteur de la situation à risque.

© CCNR/OCIMF 2010

Des détecteurs de gaz personnels jetables sont désormais disponibles. Ils assurent en général une protection contre un seul gaz et sont disponibles pour la faible teneur en oxygène et les concentrations élevées d'hydrocarbures et autres vapeurs toxiques. Les unités doivent émettre une alarme à la fois visuelle et sonore lorsque sont atteints certains niveaux de concentration de vapeur, qui doivent être égaux ou inférieurs à la TLV-TWA pour la vapeur contrôlée. Le poids de ces détecteurs est généralement inférieur à 100 grammes et leur durée de vie est d'environ 2 ans.

2.4.13 Conduites d'échantillonnage de gaz et procédures d'échantillonnage

2.4.13.1 Conduites d'échantillonnage de gaz

La matière et l'état des conduites d'échantillonnage peuvent affecter la précision des mesures de gaz.

Les conduites en métal ne sont pas adaptées pour la plupart des mesures de citernes à cargaison de gaz et des conduites souples doivent être utilisées.

Les gaz de pétroles bruts et de nombreux produits pétroliers sont essentiellement composés d'hydrocarbures paraffiniques et il existe un certain nombre de matériaux appropriés pour les conduites d'échantillonnage souples. Le problème du choix des matériaux est plus complexe pour les gaz présentant une forte teneur en hydrocarbures aromatiques, notamment le xylène. Il est recommandé dans ces cas de demander aux fournisseurs des conduites d'échantillonnage de fournir des données d'essai démontrant que leur produit est approprié pour l'utilisation prévue.

Les conduites d'échantillonnage doivent être résistantes à l'eau chaude de lavage.

Une conduite d'échantillonnage qui est fissurée ou obstruée, ou qui a été contaminée par des résidus de cargaison, affecte de manière significative les résultats fournis par les instruments. Les usagers doivent vérifier régulièrement l'état des conduites et remplacer les conduites défectueuses.

Afin d'éviter que du liquide ne soit aspiré dans la conduite d'échantillonnage de gaz, provoquant ainsi une contamination de la conduite, les fabricants proposent un embout à flotteur ou un embout de sonde qui empêche la pénétration de liquide. Les usagers doivent envisager l'utilisation de ces accessoires, mais doivent demeurer conscients des restrictions à leur utilisation pour éviter les risques électrostatiques.

2.4.13.2 Procédures d'échantillonnage

Chaque citerne comporte des "zones mortes" où le taux de variation de la concentration des gaz pendant la ventilation ou la purge est inférieur à la moyenne de la majeure partie de la citerne. L'emplacement de ces zones mortes dépend de l'emplacement de l'entrée et de la sortie par lesquelles l'air de ventilation ou le gaz inerte est admis et expulsé, ainsi que de la disposition d'éléments structurels dans la citerne. Généralement, mais pas toujours, les zones mortes se trouvent dans la structure du fond de la citerne. La conduite d'échantillonnage doit être suffisamment longue pour permettre l'échantillonnage dans la structure du fond.

Les différences de concentration de gaz entre le volume principal de la citerne et les zones mortes varient en fonction des procédures d'exploitation appliquées. A titre d'exemple, les jets d'eau puissants produits par les appareils de lavage fixes sont d'excellents dispositifs de mélange qui contribuent à éliminer les disparités importantes dans la concentration de gaz d'un emplacement dans la citerne à un autre. De même, l'introduction d'air de ventilation ou de gaz inerte sous la forme de jets puissants dirigés vers le bas à partir du plafond assure un bon mélange et minimise les variations de concentration.

© CCNR/OCIMF 2010

En raison des risques associés à ces zones mortes, il est important de se référer au chapitre 10 avant de pénétrer dans une citerne ou dans un autre espace confiné.

2.4.13.3 Filtres dans les conduites d'échantillonnage

Des filtres en coton sont utilisés pour éliminer la vapeur d'eau dans certains détecteurs de gaz d'hydrocarbures du type à filament catalytique ou non catalytique et normalement d'autres filtres ne sont pas nécessaires. Dans des conditions extrêmement humides, par exemple, pendant le lavage des citernes, l'eau en excès peut être retirée de l'échantillon de gaz en utilisant des matériaux qui retiennent l'eau mais n'affectent pas les hydrocarbures. Les matériaux appropriés sont le chlorure de calcium anhydre ou le sulfate granuleux. Si nécessaire, l'amiante sodée retient de manière sélective le sulfure d'hydrogène sans affecter les hydrocarbures. Toutefois, elle retient également le dioxyde de carbone ainsi que le dioxyde de soufre et ne doit pas être utilisée dans les citernes inertées avec du gaz de combustion épuré.

Des dispositifs empêchant la pénétration d'eau sont souvent utilisés dans des instruments modernes de mesure du gaz. Ils utilisent une membrane en polytétrafluoroéthylène (PTFE) qui empêche le liquide et l'humidité d'atteindre les capteurs.

L'utilisation de filtres de rétention d'eau est essentielle pour les détecteurs mesurant la teneur en oxygène, en particulier pour ceux du type paramagnétique, parce que la présence de vapeur d'eau dans l'échantillon peut endommager la cellule de mesure. Seuls les filtres recommandés par le fabricant doivent être utilisés.

2.5 Evolution et dispersion des gaz de produit

2.5.1 Introduction

Au cours de la manutention de la cargaison et de nombreuses opérations connexes, du gaz est expulsé par les évents des citernes de cargaison en quantité suffisante pour produire des mélanges de gaz inflammables dans l'atmosphère à l'extérieur des citernes. Dans le présent guide, l'un des principaux objectifs est d'éviter qu'un tel mélange de gaz inflammables soit exposé à une source d'inflammation. Dans de nombreux cas, ceci est réalisé en éliminant la source d'inflammation ou en s'assurant qu'il existe des obstacles, tels que des portes et accès fermés entre le gaz et des sources potentielles et inévitables d'inflammation.

Toutefois, il est impossible d'aborder toutes les possibilités d'erreur humaine et toutes les combinaisons de circonstances. Une sécurité supplémentaire est apportée si les opérations peuvent être réalisées de sorte que le gaz s'échappant par les évents soit suffisamment dispersé pour éviter que des mélanges de gaz inflammables n'atteignent des zones pouvant comporter des sources d'inflammation.

Si les gaz sont plus denses que l'air, ceci a une incidence significative sur la façon dont ils se comportent, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des citernes (voir section 1.3).

Le gaz évacué est produit dans les citernes et la manière dont il est produit affecte à la fois la concentration en cas d'aération et la durée pendant laquelle une forte concentration est évacuée. Les situations qui conduisent au dégagement de gaz comprennent le chargement, le stockage de cargaison dans des citernes entièrement ou partiellement remplies (y compris les citernes à résidus) et l'évaporation de résidus dans les citernes après le déchargement.

L'atmosphère initiale de la citerne, qu'il s'agisse d'air ou de gaz inerte, n'a aucune incidence sur le dégagement de gaz ni sur la ventilation.

© CCNR/OCIMF 2010

2.5.2 Dégagement de gaz et ventilation

2.5.2.1 Dégagement pendant le chargement

Lorsqu'une cargaison présentant une pression de vapeur élevée pénètre dans une citerne exempte de gaz, du gaz est rapidement produit. Le gaz forme une couche au fond de la citerne, qui s'élève en même temps que la surface du produit au fur et à mesure que la citerne se remplit. Une fois que la couche est formée, son épaisseur augmente lentement au cours du délai normalement requis pour remplir une citerne, bien qu'à terme soit atteint un mélange équilibré de gaz dans tout le creux.

La quantité ainsi que la concentration du gaz qui forme cette couche au début du chargement dépendent de nombreux facteurs, notamment :

- La Pression de Vapeur Réelle PVR (*True Vapour Pressure TVP*) de la cargaison
- L'ampleur des projections lorsque le produit pénètre dans la citerne
- Le temps de calcul la citerne
- La formation d'un vide partiel dans la conduite de chargement.

La concentration du gaz de produit dans la couche varie en fonction de la distance au-dessus de la surface du liquide. A proximité immédiate de la surface, elle atteint une valeur proche de celle correspondant à la PVR du liquide voisin. Par exemple, si la PVR est de 0,75 bar, la concentration du gaz de produit, juste au-dessus de la surface, est d'environ 75 % en volume. Nettement au-dessus de la surface, la concentration de gaz d'hydrocarbures est très faible, à condition que la citerne ait été exempte de gaz au départ. Afin d'examiner de manière plus détaillée l'incidence de l'épaisseur de la couche de gaz, il est nécessaire de définir cette épaisseur d'une manière ou d'une autre.

Lorsqu'est examinée la dispersion des gaz à l'extérieur des citernes à cargaison, uniquement les concentrations élevées de gaz présentes dans les gaz évacués sont importantes. C'est pourquoi l'épaisseur de la couche de gaz sera par conséquent considérée comme correspondant à la distance depuis la surface du liquide jusqu'au niveau, situé plus haut, où la concentration de gaz est de 50 % en volume. Il convient de rappeler que le gaz de produit sera détectable à des hauteurs au-dessus de la surface du liquide qui correspondent à plusieurs fois l'épaisseur de la couche ainsi définie.

La plupart des cargaisons à haute pression de vapeur produisent selon ce principe une couche de gaz d'une épaisseur de moins de 1 mètre. Son épaisseur exacte dépend des facteurs énumérés ci-avant et la plupart des recommandations du présent guide relatives aux gaz évacués concernent ces cargaisons. Toutefois, des couches de gaz d'une épaisseur supérieure à 1 mètre peuvent se former si la TVV de la cargaison est suffisamment élevée. Les cargaisons ces couches épaisses de gaz peuvent nécessiter des précautions particulières (voir la section 11.1.8).

2.5.2.2 Aération pendant le chargement de la cargaison

Une fois que la couche dense de gaz de produit s'est formée au-dessus de la surface du liquide, son épaisseur, telle que définie à la section 2.5.2.1, n'augmente que très lentement. Au fur et à mesure que le liquide s'élève dans la citerne, la couche de gaz d'hydrocarbures s'élève avec elle. Au-dessus de cette couche, l'atmosphère présente à l'origine dans la citerne demeure pratiquement inchangée et c'est ce gaz qui pénètre dans le système d'aération durant les premières phases du chargement. Dans une citerne initialement exempte de gaz, le gaz évacué sera dans un premier temps constitué essentiellement d'air (ou de gaz inerte) avec une concentration du produit inférieure à la LIE. Au fur et à mesure du chargement, la concentration en produit du gaz évacué augmente.

Les concentrations en gaz de produit de l'ordre de 30 % - 50 % en volume sont relativement normales dans les gaz évacués vers la fin du chargement, bien que la très forte concentration immédiatement au-dessus de la surface du liquide demeure dans le creux qui subsiste à la fin du chargement.

© CCNR/OCIMF 2010

Par la suite, l'évaporation se poursuit jusqu'à ce que soit atteinte une concentration de gaz d'hydrocarbures équilibrée dans le creux. Ce gaz est seulement évacué par la respiration de la citerne et donc seulement par intermittence. Lorsque le produit est déchargé, un mélange de gaz très dense se déplace vers le bas de la citerne au fur et à mesure que la surface du liquide s'abaisse et peut s'ajouter au gaz qui sera évacué au cours de la prochaine opération dans la citerne.

Si la citerne n'est pas initialement exempte de gaz, la concentration en gaz de produit dans le gaz évacué durant le chargement dépend de la cargaison précédente de la citerne. Avant de procéder au chargement d'un produit différent, il convient de s'assurer de la compatibilité avec les produits précédents pour éviter toute réaction dangereuse.

Ci-après sont présentés des exemples de concentrations de gaz typiques :

- Peu de temps après le déchargement d'essence pour moteurs ou pour l'aviation, il se trouve au fond de la citerne une couche où des concentrations d'hydrocarbures de 30 % - 40 % en volume ont été mesurées. En cas de chargement à ce stade, le gaz pénètre dans le système d'aération immédiatement au-dessus de la couche concentrée formée par la cargaison suivante.
- Dans les citernes d'essence pour moteurs ou pour l'aviation qui ont été fermées hermétiquement après le déchargement sans avoir été dégazées, des concentrations uniformes de gaz d'hydrocarbures atteignant 40 % en volume ont été mesurées en tous points des citernes. Cette concentration est expulsée vers le système d'aération par la prochaine cargaison jusqu'à ce que la couche concentrée dessus de la surface liquide s'approche du haut de la citerne.

Il convient de noter que, lors de toutes les opérations de chargement, que la citerne ait été initialement exempte de gaz ou non, des concentrations de gaz très élevées pénètrent dans le système d'aération vers la fin du chargement.

2.5.2.3 Ballastage dans une citerne à cargaison

L'atmosphère dans les citernes à cargaison avant le ballastage sera similaire à celle avant le chargement de la cargaison sous réserves d'antécédents similaires des citernes. La concentration de gaz qui pénétrera dans le système d'aération au cours du ballastage sera donc comparable à celle mentionnée dans les exemples donnés ci-avant.

2.5.2.4 Purge au gaz inerte

Si une purge au gaz inerte est effectuée par la méthode de déplacement (voir la section 7.1.4) toute couche dense et concentrée d'hydrocarbures au fond de la citerne sera évacuée lors des premières étapes, puis sera évacué le reste de l'atmosphère de la citerne au fur et à masure qu'elle est poussée vers le bas par le gaz inerte. En présence d'une concentration uniformément élevée dans toute la citerne, par exemple après un lavage du produit, la concentration du gaz évacué demeurera élevée durant tout le processus de purge jusqu'à ce que le gaz inerte atteigne le fond de la citerne.

Si une purge au gaz inerte est effectuée par la méthode de dilution (voir la section 7.1.4), la concentration de gaz à la sortie est la plus élevée au début de l'opération, puis elle baisse constamment à mesure que le processus se poursuit.

© CCNR/OCIMF 2010

2.5.2.5 Dégazage

Lors d'une opération de dégazage, la citerne est alimentée en air qui s'y mélange avec l'atmosphère existante de la citerne et qui tend à mélanger aussi les couches susceptibles d'y être présentes. Le mélange ainsi obtenu est évacué dans l'atmosphère extérieure. Etant donné qu'il s'agit d'un processus de dilution continue avec de l'air, la plus forte concentration de produit est évacuée au début de dégazage et diminue par la suite. Par exemple, sur un bateau-citerne non inerté, le dégazage d'une citerne d'essence à moteur qui a été fermée hermétiquement peut produire des concentrations initiales pouvant atteindre jusqu'à 40% en volume, mais dans la plupart des cas la concentration dans le gaz évacué est nettement plus faible, même au début des opérations.

A bord des bateaux-citernes inertés, après la purge destinée à éliminer la vapeur de produit avant le dégazage, la concentration initiale sera faible, 2 % en volume voire moins.

Dans certains cas, les opérations de dégazage sont réglementées et nécessitent une autorisation des autorités compétentes.

2.5.3 Dispersion du gaz

Le fait que le gaz de produit à la sortie soit mélangé à de l'air ou à du gaz inerte n'aura aucune incidence sur la dispersion du gaz après son évacuation.

Lorsque le gaz de produit déplacé durant le chargement, le ballastage, le dégazage ou la purge est évacué par l'évent ou des évents du bateau-citerne, il commence immédiatement à se mélanger avec l'atmosphère.

La concentration du produit est progressivement réduite jusqu'à ce que, à une certaine distance de l'évent, elle passe en dessous de la LIE. À tout point au-dessous de la LIE, elle cesse d'être préoccupante en ce qui concerne le risque d'inflammabilité, car elle ne peut pas être enflammée. Toutefois, il existe dans le voisinage de tout évent une zone inflammable dans laquelle la concentration de gaz est supérieure à la LIE.

Il y a un risque potentiel d'incendie et d'explosion si cette zone inflammable atteint n'importe quel endroit susceptible de comporter des sources d'inflammation, tels que :

- Les blocs de logements dans lesquels le gaz peut pénétrer par les portes, ouvertures ou dispositifs de ventilation.
- Le pont de cargaison qui, bien qu'il soit généralement considéré comme étant exempt de toute source d'ignition, est une zone de travail et une voie de circulation.
- Une jetée adjacente qui, bien qu'elle soit généralement considérée comme exempte étant de toute source d'ignition, est une zone de travail et une voie de circulation.
- Les bâtiments à proximité.

2.5.4 Facteurs ayant une influence sur la dispersion

2.5.4.1 Le processus de dispersion

Un mélange de gaz de produit et d'air (ou de gaz inerte), évacué verticalement par un évent s'élève par sa propre dynamique et forme un panache au-dessus de l'évent. Le panache s'élève verticalement en l'absence de vent, ou il est courbé dans la direction du vent. La montée du panache due à sa propre dynamique est contrecarrée par une tendance à redescendre si sa densité est supérieure à celle de l'air environnant.

© CCNR/OCIMF 2010

La vitesse du flux de gaz qui s'échappe est à son maximum lors de sa sortie par l'évent et diminue à mesure que de l'air est aspiré dans le panache. Cet air diminue la concentration du gaz de produit et par conséquent la densité du gaz dans le panache. La baisse progressive de la vitesse, de la concentration du produit et de la densité, ainsi que la vitesse du vent et d'autres facteurs météorologiques, déterminent la forme finale du panache et donc de la zone inflammable.

Le type d'évent utilisé influe sur la dispersion du panache de gaz. Au cours des opérations normales de chargement, l'évacuation sera effectuée soit par :

- Une soupape de dégagement à grande vitesse installée à une hauteur minimale de 2 m au-dessus du pont, ce qui permet l'évacuation de la vapeur à une vitesse de 30 m / seconde quel que soit le niveau de chargement de la cargaison, ou
- Une colonne de mise à l'air libre d'une hauteur de 6 m au minimum au-dessus du pont.

Ces soupapes de dégagement à grande vitesse et colonnes ne doivent pas être placées à moins de 10 m de la ventilation d'une habitation, afin de garantir que les vapeurs de cargaison seront dispersées en toute sécurité avant qu'elles n'atteignent ces endroits.

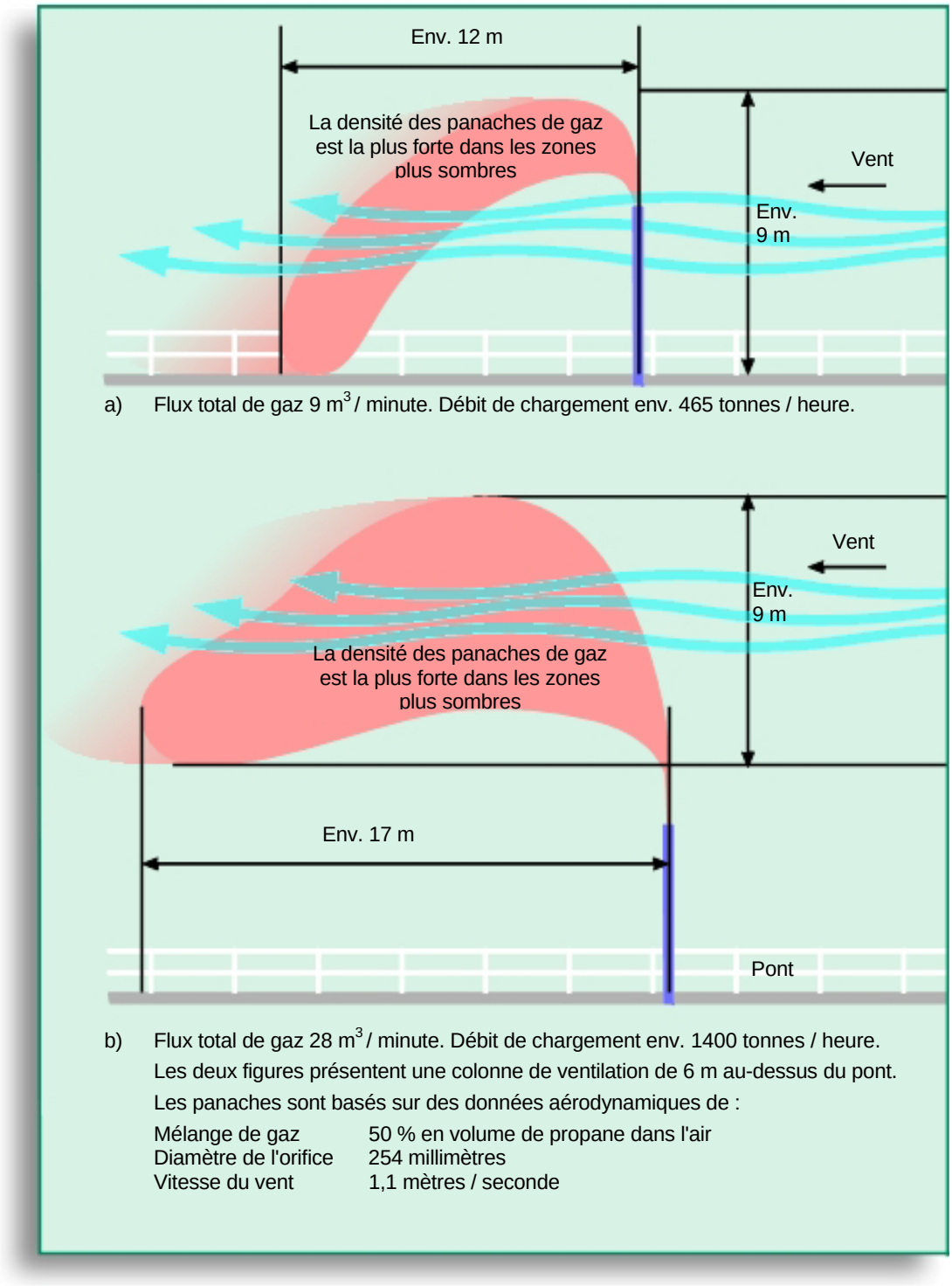
2.5.4.2 Vitesse du vent

Depuis de nombreuses années, il a été constaté que la dispersion des mélanges de gaz de produit et d'air est ralentie lorsque la vitesse du vent est faible. Ce constat résulte de l'expérience à bord des bateaux-citernes, mais peu de travaux expérimentaux ont été réalisés pour obtenir des informations quantitatives concernant l'effet de la vitesse du vent. La quantité de gaz évacuée et la manière dont il est évacué sont des facteurs importants, mais l'expérience dans les terminaux semble suggérer que lorsque la vitesse du vent est supérieure à environ 5 mètres / seconde (10 nœuds), la dispersion est suffisante pour éviter tout risque d'inflammabilité.

2.5.4.3 Débit du gaz

Lorsque le débit d'un mélange de composition fixe gaz de produit / air est augmenté par une ouverture donnée, plusieurs effets interviennent. D'une part, le débit d'émission des constituants du produit augmente proportionnellement au débit total de gaz et, par conséquent, la distance parcourue par le panache avant qu'il ne soit dilué jusqu'à la LIE doit être plus grande. D'autre part, plus la vitesse est élevée, plus l'efficacité du processus de mélange du gaz initialement riche en produit avec de l'air sera grande, ce qui tend à contrebalancer le premier effet.

© CCNR/OCIMF 2010


Env. 12 m
La densité des panaches de gaz est la plus forte dans les zones plus sombres
Vent
Env. 9 m
a) Flux total de gaz 9 m3 / minute. Débit de chargement env. 465 tonnes / heure.
Vent
Env. 9 m
La densité des panaches de gaz est la plus forte dans les zones plus sombres
Env. 17 m
Pont
b) Flux total de gaz 28 m3 / minute. Débit de chargement env. 1400 tonnes / heure.
Les deux figures présentent une colonne de ventilation de 6 m au-dessus du pont.
Les panaches sont basés sur des données aérodynamiques de :
Mélange de gaz 50 % en volume de propane dans l'air
Diamètre de l'orifice 254 millimètres
Vitesse du vent 1,1 mètres / seconde

Figures 2.3 (a) et (b) - Effet indicatif de la vitesse du débit de gaz sur la zone inflammable

© CCNR/OCIMF 2010

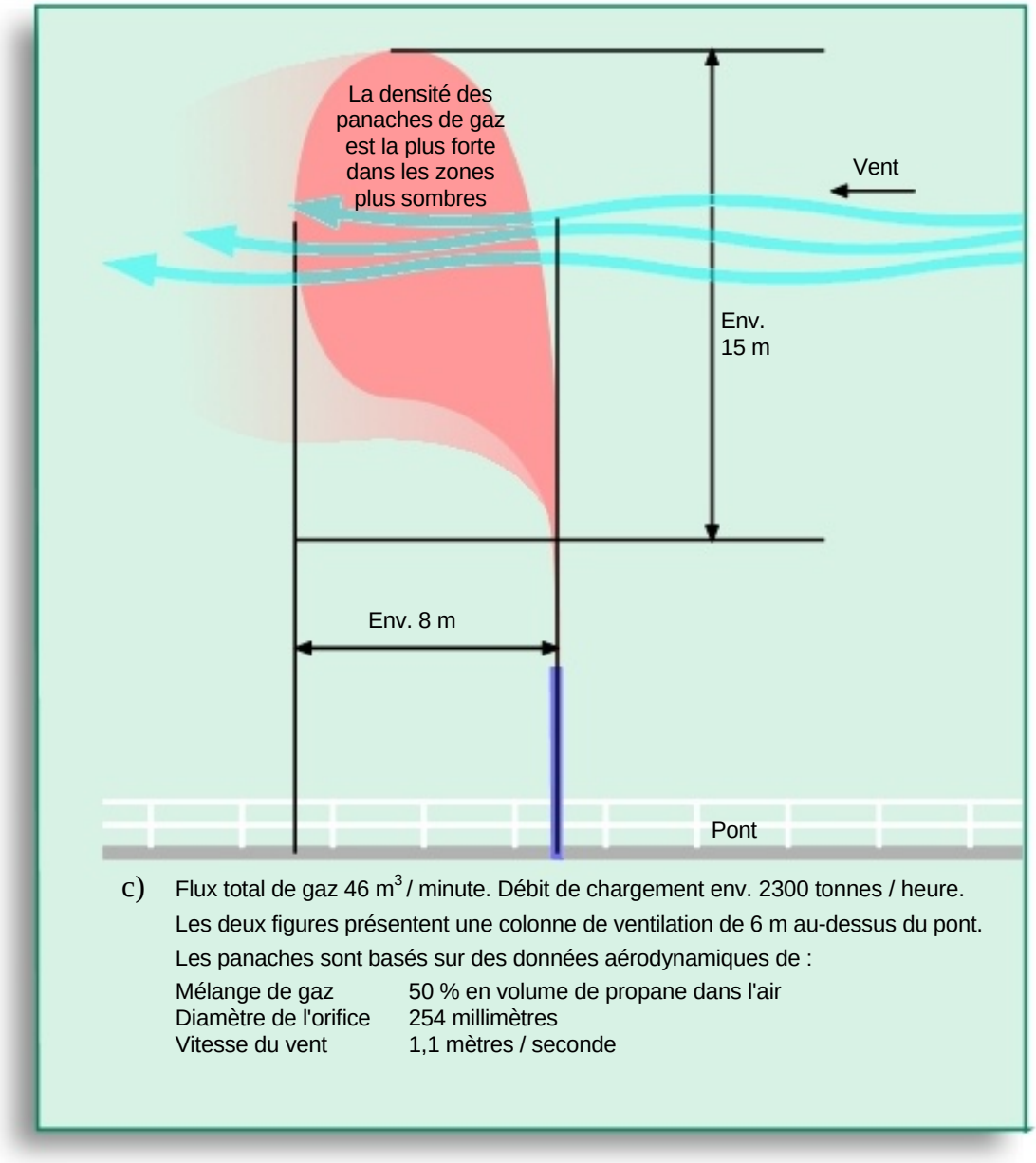

La densité des panaches de gaz est la plus forte dans les zones plus sombres
Vent
Env. 15 m
Env. 8 m
Pont
c) Flux total de gaz 46 m3 / minute. Débit de chargement env. 2300 tonnes / heure.
Les deux figures présentent une colonne de ventilation de 6 m au-dessus du pont.
Les panaches sont basés sur des données aérodynamiques de :
Mélange de gaz 50 % en volume de propane dans l'air
Diamètre de l'orifice 254 millimètres
Vitesse du vent 1,1 mètres / seconde

Figure 2.3 (c) - Effet indicatif du débit de gaz sur la zone inflammable

En outre, à de faibles débits du flux de gaz total, la dynamique initiale du panache peut ne pas être suffisante pour contrer la tendance du panache à redescendre si sa densité est élevée.

© CCNR/OCIMF 2010

Les résultats de l'interaction de ces différents processus à faible vitesse du vent sont illustrés par la Figure 2.3. Le mélange de gaz utilisé pour l'obtention de ces schémas était de 50 % en volume de propane et 50 % en volume d'air. Au débit le plus bas (Figure 2.3 (a)), l'effet de la densité prédomine et le gaz redescend vers le pont. Au débit le plus élevé (Figure 2.3 (c)) le mélange se fait de manière beaucoup plus efficace et le panache n'a pas tendance à redescendre.

2.5.4.4 Concentration du gaz de produit

Avec un débit total de gaz constant, les changements dans la concentration du produit ont deux effets. Le débit d'émission de gaz d'hydrocarbures augmente proportionnellement à la concentration, de sorte que, sans modification des autres facteurs, l'étendue de la zone inflammable augmente. En outre, la densité initiale du mélange de gaz s'échappant de l'ouverture augmente, de sorte que le panache a davantage tendance à redescendre.

À de faibles concentrations, une zone inflammable aux contours similaires à celle présentée en figure 2.3 (c) est par conséquent probable, mais elle est susceptible d'être peu étendue en raison de la quantité relativement faible de gaz d'hydrocarbures. Lorsque la concentration augmente, la zone inflammable tend à prendre des formes telles que celles décrites aux figures 2.3 (b) et 2.3 (a), la densité croissante exerçant son influence. En outre, l'étendue totale de la zone augmente en raison du taux d'émission de gaz d'hydrocarbures plus élevé.

2.5.4.5 Section transversale de l'ouverture

La zone de l'ouverture à travers laquelle s'échappe le mélange de gaz de produit et d'air détermine, pour un taux donné volumétrique du flux, la vitesse d'écoulement linéaire et donc l'efficacité de la dispersion du panache dans l'atmosphère. Des effets de ce type se produisent par exemple lors du dégazage. Si des turbo-ventilateurs fixes sont utilisés, le mélange est habituellement évacué par un tube dont la section transversale est suffisamment petite pour obtenir une grande vitesse et faciliter la dispersion dans l'atmosphère. Lors de l'utilisation de petits ventilateurs portables, qui doivent normalement être utilisés en présence d'une faible-contre-pression, le gaz est généralement évacué par une trappe ouverte sur la citerne. La vitesse d'évacuation est alors très faible et la sortie est située à proximité du pont ; ces circonstances facilitent la stagnation du gaz près du pont.

2.5.4.6 Conception de l'évent

La conception et la position d'un évent doivent être conformes aux réglementations (inter)nationales en vigueur.

Lors de certaines opérations, par exemple lors du dégazage, la vapeur peut être évacuée de la citerne à travers des orifices autres que les évents de citerne mentionnés.

2.5.4.7 Position de l'évent

Si les évents sont situés à proximité de structures telles que les blocs de logements, la forme de la zone inflammable est influencée par la turbulence produite dans l'air lors du passage au-dessus de la superstructure. Un schéma illustrant le type de tourbillons formés est présenté en Figure 2.4. Ce schéma montre que, sur le côté exposé au vent, se forment des tourbillons vers le bas en dessous d'un niveau indiqué par la conduite XX et, au-dessus et à l'abri de la structure, les turbulences tendent à former des tourbillons à proximité de la structure.

Ces mouvements peuvent nuire à la dispersion efficace du gaz de produit.

© CCNR/OCIMF 2010

Si la vitesse de sortie par une ouverture située à proximité d'une structure est élevée, elle peut surmonter l'influence des tourbillons.

A titre d'exemple, la Figure 2.5 (a) montre la zone inflammable provenant d'une ouverture de citerne située à seulement environ 1,5 mètres en amont d'un bloc de logements ; le panache est presque vertical et touche à peine le bloc de logements. Toutefois, une vitesse d'évacuation légèrement inférieure entraînerait de graves empiètements de la zone sur le bloc de logements.

La Figure 2.5 (b) illustre l'effet d'une ouverture supplémentaire qui double la quantité de gaz libéré. En partie en raison des tourbillons et en partie en raison de la densité plus élevée du panache combiné, la zone inflammable est en contact étroit avec la partie supérieure du bloc de logements.

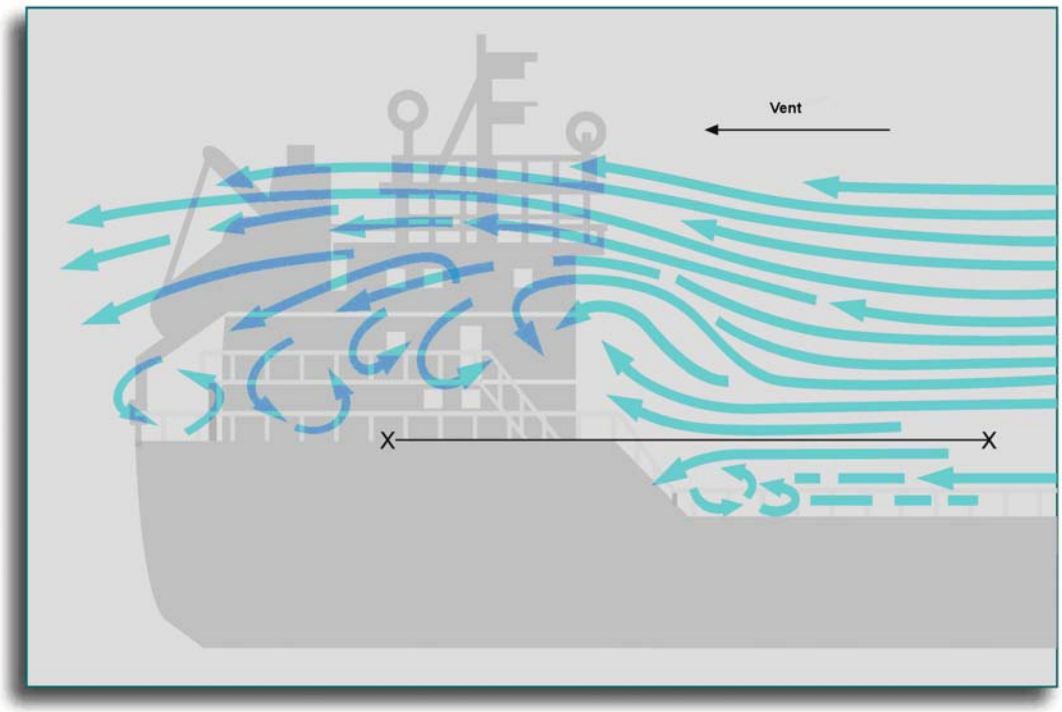


Figure 2.4 - Évolution typique du flux d'air autour d'un bloc de logements

© CCNR/OCIMF 2010

2.5.5 Limitation des risques liés au gaz évacué

L'objectif des modalités pour l'évacuation et de leur contrôle opérationnel est de limiter autant que possible le risque que des concentrations des gaz inflammables pénètrent dans certains locaux fermés contenant des sources d'inflammation ou atteignent des zones de pont où, malgré toutes les autres précautions prises, il pourrait se trouver une source d'inflammation. Dans les sections précédentes ont été décrits des moyens d'accélérer la dispersion rapide de gaz et de limiter sa tendance à descendre sur le pont. Bien que la présente section porte l'inflammabilité, les mêmes principes s'appliquent à la dispersion de gaz jusqu'à des concentrations qui sont sans danger pour le personnel.

Les conditions suivantes doivent être observées pour toute opération où des mélanges inflammables sont évacués dans l'atmosphère ainsi que pour celles où sont déplacés des mélanges qui pourraient devenir inflammables par dilution avec de l'air, par exemple à bord de bateaux-citernes inertés :

- Evacuation dégagée et verticale à une vitesse de flux élevée.
- Positionnement de la sortie suffisamment élevée au-dessus du pont.
- Emplacement de la sortie à une distance suffisante de la superstructure et d'autres espaces fermés.

En cas d'utilisation d'un évent de diamètre fixe, généralement conçu pour 125 % du taux maximal de chargement de cargaison, la vitesse d'évacuation baisse à des taux de chargement plus bas. Les évents à zones variables automatiquement (soupapes de dégagement à grande vitesse) peuvent être installés pour maintenir une vitesse d'évacuation élevée quelles que soient les conditions de chargement.

© CCNR/OCIMF 2010

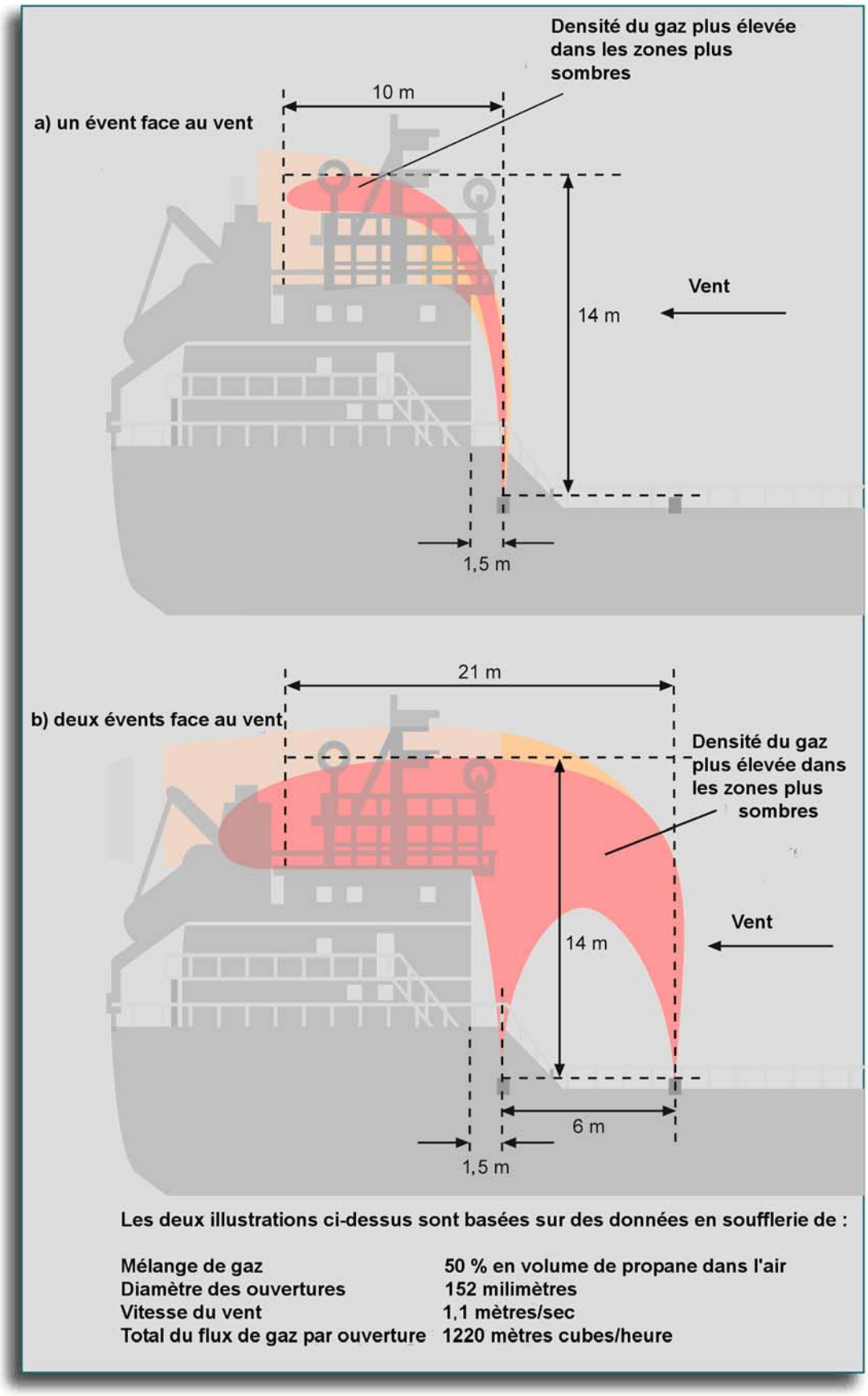

Densité du gaz plus élevée dans les zones plus sombres
a) un évent face au vent
10 m
14 m
Vent
1,5 m
21 m
b) deux évents face au vent
Densité du gaz plus élevée dans les zones plus sombres
Vent
14 m
6 m
1,5 m
Les deux illustrations ci-dessus sont basées sur des données en soufflerie de :
Mélange de gaz 50 % en volume de propane dans l'air
Diamètre des ouvertures 152 milimètres
Vitesse du vent 1,1 mètres/sec
Total du flux de gaz par ouverture 1220 mètres cubes/heure

Figure 2.5 - Zone d'inflammabilité des ouvertures à proximité d'un bloc d'hébergement

© CCNR/OCIMF 2010

Les modalités d'aération doivent toujours être appliquées lors des opérations de chargement de cargaison et durant tout ballastage dans des citernes à cargaison non exemptes de gaz.

Lorsque le dégazage est effectué au moyen d'un ventilateur mécanique fixe ou par purge avec un gaz inerte, soit par déplacement ou dilution par des évents dédiés, des vitesses d'évacuation suffisamment élevée doivent être maintenues pour assurer la dispersion rapide des gaz, quelles que soient les conditions.

En cas de dégazage par des ventilateurs portatifs, il peut s'avérer nécessaire d'ouvrir une trappe de la citerne tenant lieu de sortie de gaz, avec pour résultat une faible vitesse de sortie du gaz. Il convient par conséquent d'être vigilant pour s'assurer que le gaz ne s'accumule pas sur le pont. Si une citerne de gaz inerte est dégazée à travers la trappe ouverte, des zones localisées où l'atmosphère est pauvre en oxygène peuvent exister. Dans la mesure du possible, il est préférable libérer le gaz par une ouverture de petit diamètre, par exemple un orifice de nettoyage de la citerne temporairement muni d'un tuyau.

Lors de toutes les opérations durant lesquelles du gaz est libéré, il convient d'exercer une grande vigilance, en particulier lorsque les conditions sont défavorables (par exemple si n'y a que peu ou pas de vent). Dans ces conditions, il peut être prudent de suspendre les opérations jusqu'à ce que les conditions s'améliorent.

2.5.6 Sans objet

2.6 Sans objet

2.7 Risques associés à la manutention, au stockage et au transport de produits résiduels

2.7.1 Généralités

La première partie de la présente section porte sur les risques d'inflammabilité liés aux fiouls lourds et fournit des informations sur les mesures du point d'éclair et de la composition de vapeurs, ainsi que sur les procédures de précaution recommandées qu'il convient d'observer lors de la manipulation, du stockage ou du transport de fiouls lourds.

Il est souligné que ces indications portent uniquement sur les fiouls lourds et non sur les distillats.

Il convient de se référer à la section 11.8.2 pour les précautions à prendre lors de mesures et prises d'échantillons dans des citernes non-inertées s'il existe le moindre risque de présence d'un mélange inflammable gaz / air.

La dernière partie de cette section porte sur les dangers du sulfure d'hydrogène associé aux fiouls (voir également section 2.3.6).

2.7.2 Nature des risques

Les fiouls lourds sont capables de produire des hydrocarbures légers dans l'espace libre de la citerne, de sorte que la composition de la vapeur peut être proche ou à l'intérieur de la plage d'inflammabilité. Ceci peut se produire même lorsque la température de stockage est bien en dessous du point d'éclair mesuré. Ce n'est généralement pas lié à l'origine ni au processus de fabrication du fioul, bien que les fiouls contenant des résidus de craquage peuvent présenter une plus grande tendance à générer des hydrocarbures légers.

© CCNR/OCIMF 2010

Bien que des hydrocarbures légers puissent être présents dans les espaces libres des citernes à fiouls lourds, le risque qui en découle est faible à moins que l'atmosphère ne se trouve dans la plage d'inflammabilité et qu'une source d'inflammation soit présente. Dans un tel cas, un incident est possible. Il est donc recommandé que les espaces libres des citernes à fiouls lourds soient considérés comme étant potentiellement inflammables.

2.7.3 Point d'éclair et mesure d'inflammabilité de l'espace libre

2.7.3.1 Point d'éclair

Les fiouls sont classés pour leur sécurité de stockage, de manutention et de transport en fonction de leur point d'éclair en vase clos (voir également section 1.2.5). Toutefois, des informations sur la relation entre l'inflammabilité calculée de l'atmosphère d'un espace libre et le point d'éclair mesuré du fioul lourd ont montré qu'il n'y a pas de corrélation fixe. Une atmosphère inflammable peut donc être produite dans l'espace libre d'une citerne même si un fioul lourd est stocké à une température inférieure à son point d'éclair.

2.7.3.2 Inflammabilité de l'espace libre

Des détecteurs de gaz tels que les explosimètres sont traditionnellement utilisés pour vérifier que les espaces confinés sont exempts de gaz et ces appareils sont parfaitement adaptés à cette fonction (voir section 2.4.3). Ils sont également utilisés pour mesurer "l'inflammabilité" d'espaces libres exprimée en pourcentage de la limite inférieure d'explosivité (LIE). Ces détecteurs sont basés sur un étalonnage réalisé normalement sur un seul hydrocarbure, tel que le méthane, qui peut avoir des caractéristiques de LIE très éloignées des hydrocarbures effectivement présents dans l'espace libre d'une citerne. En cas d'utilisation d'un explosimètre pour évaluer le niveau de risque présenté par l'espace libre d'une citerne de fiouls lourds non inertée, il est recommandé que l'instrument soit étalonné avec un mélange pentane / air ou hexane / air. Il en résultera une estimation plus prudente de l'inflammabilité mais, néanmoins, les résultats ne doivent pas encore être considérés comme fournissant une mesure précise de l'état de l'espace contenant de la vapeur.

Pour effectuer les mesures, les instructions d'utilisation du fabricant pour l'instrument doivent être suivies scrupuleusement et l'étalonnage de l'instrument doit être vérifié fréquemment, étant donné que les détecteurs catalytiques (pellistors) sont susceptibles d'être faussés lorsqu'ils sont exposés à des vapeurs de fiouls lourds. Pour plus d'informations sur les effets négatifs affectant les pellistors, voir la section 2.4.3.2.

Compte tenu des problèmes liés à l'obtention de mesures précises de l'inflammabilité des espaces libres de citernes de fiouls lourds en utilisant un matériel immédiatement disponible et facilement transportable, le % mesuré de la LIE ne classe les fiouls que de manière large en ce qui concerne leur risque relatif. Il convient par conséquent d'être prudent lors de l'interprétation des chiffres obtenus avec de tels détecteurs de gaz.

2.7.4 Mesures de précaution

2.7.4.1 Températures de stockage et de manutention

Lorsqu'ils sont transportés en tant que combustible, les températures des fiouls lourds dans le système de carburant doivent être conformes en permanence aux codes de bonne pratique et un échauffement local excessif doit être évité.

© CCNR/OCIMF 2010

2.7.4.2 Remplissage et dégazage

Lorsque les citernes sont remplies, des gaz dans l'espace libre de la citerne sont déplacés par le biais des tuyaux d'aération. Il convient de s'assurer que les pare-flamme ou boîtes à feu sont en bon état et qu'il n'existe aucune source d'inflammation dans la zone entourant le système d'aération.

Lors du remplissage de citernes vides ou presque vides, les serpentins de chauffage doivent être éteints et doivent avoir refroidi. Au contact de serpentins de chauffage apparents et chauds, le fioul pourrait éventuellement produire rapidement une atmosphère inflammable.

2.7.4.3 Classification des espaces libres des citernes

Tous les espaces libres de citernes à fioul lourd doivent être considérés comme étant dangereux et des précautions appropriées doivent être prises. Le matériel électrique utilisé dans cet espace doit être conforme aux normes de sécurité applicables.

2.7.4.4 Réduction des risques

L'inflammabilité de l'espace libre des citernes de fioul lourd doit être surveillée régulièrement.

Si la valeur mesurée est supérieure aux niveaux recommandés (La résolution OMI A.565 (14) mentionne un niveau supérieur à 50 % de la LIE), des dispositions doivent être prises pour réduire la concentration de vapeur en purgeant l'espace libre avec de l'air à basse pression. Les gaz doivent être évacués vers une zone sûre et sans source d'inflammation à proximité de la sortie. Lorsque l'aération est achevée, il convient de continuer de surveiller les concentrations de gaz dans la citerne et l'aération doit être renouvelée si nécessaire.

Lorsque le fioul lourd est transporté en tant que cargaison à bord de bateaux-citernes disposant de gaz inerte, il est recommandé que le gaz inerte soit utilisé et que l'espace libre de la citerne soit maintenu dans un état inerte.

2.7.4.5 Jaugeage par le creux et prise d'échantillons

Toutes les opérations doivent être effectuées avec les précautions requises afin d'éviter les risques associés aux charges d'électricité statique (voir la section 11.8.2).

2.7.5 Risque lié au sulfure d'hydrogène dans le fioul lourd

Des carburants d'avitaillement présentant de fortes concentrations de H_2S sont susceptibles d'être fournis sans information préalable mis à la disposition du bateau-citerne. Le personnel du bateau-citerne doit toujours être attentif à la présence éventuelle de H_2S dans le carburant d'avitaillement et doit être en mesure de prendre les précautions appropriées si du H_2S est présent.

Avant d'avitailler, le bateau-citerne doit prendre contact avec le fournisseur pour vérifier si le carburant à charger est susceptible de présenter une teneur en H_2S.

La conception des évents des réservoirs d'avitaillement et leurs emplacements rendent plus difficile la gestion de l'exposition du personnel, le chargement fermé et l'aération n'étant généralement pas possibles.

© CCNR/OCIMF 2010

Si l'avitaillement en carburant contenant du H_2S-dessus de la TLV-TWA ne peut être évité, des procédures doivent être établies pour surveiller et contrôler l'accès du personnel aux zones d'exposition.

Une aération des espaces libres et des zones spécifiques où les vapeurs peuvent s'accumuler doit être assurée dès que possible afin d'y réduire la concentration de vapeurs

Même après que la citerne ait été aérée dans le but d'abaisser la concentration à un niveau acceptable, le transfert ultérieur, le chauffage et l'agitation du carburant dans une citerne peut entraîner une réapparition de la concentration.

Une surveillance périodique de la concentration de H_2S doit être maintenue jusqu'à ce que la citerne d'avitaillement soit remplie à nouveau avec un carburant ne contenant pas de H_2S.

© CCNR/OCIMF 2010